

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Odesa National University of Technology
Vinnytsia National Technical University
Robert Elworti Economics and Technology Institute
(Kropyvnytskyi)
P.N. Platonov Institute of Computer Engineering, Automation,
Robotics and Programming**



PROCEEDINGS

I International Scientific and Practical Conference

**«COMPUTER GAMES AND MULTIMEDIA
AS AN INNOVATIVE APPROACH
TO COMMUNICATION – 2026»**

May 21-22, 2026

ODESA

**Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Вінницький національний технічний університет
Економіко-технологічний інститут ім. Роберта Ельворті (м.
Кропивницький)
Інститут комп'ютерної інженерії, автоматизації,
робототехніки та програмування ім. П.Н. Платонова**



МАТЕРІАЛИ

I Міжнародної науково-практичної конференції

**«КОМП'ЮТЕРНІ ІГРИ І МУЛЬТИМЕДІА
ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД
ДО КОМУНІКАЦІЇ - 2026»**

**21-22 травня 2026 р.
ОДЕСА**

≡ ПРЕЗИДИЯ ТА ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ ≡
≡ PRESIDENCY AND ORGANIZING COMMITTEE OF THE
CONFERENCE ≡

ПРЕЗИДИЯ
PRESIDIUM

Лариса Іванченкова	Ректор Одеського національного технологічного університету, д.е.н., професор
Богдан Єгоров	Радник ректора, академік НААН України, д.т.н., професор
Ольга Ольшевська	Проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків ОНТУ, к.т.н., доцент
Тетяна Ревенюк	директор навчально-наукового інституту Комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ОНТУ, к.т.н., доцент

ГОЛОВА ОРГКОМИТЕТУ
CHAIRMAN OF THE ORGANIZING COMMITTEE

Сергій Шестопапов	к.т.н., доц., каф. Комп'ютерної інженерії, ОНТУ

ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ ОРГКОМИТЕТУ
DEPUTY CHAIRMAN OF THE ORGANIZING COMMITTEE

Сергій Котлик	к.т.н., доц., каф. Комп'ютерних і фізико-математичних наук, ОНТУ

ЧЛЕНИ ОРГКОМИТЕТУ
MEMBERS OF THE ORGANIZING COMMITTEE

Annakaisa Kultima	University Lecturer, Department of Art and Media, Aalto University (Helsinki, Finland)
Gerson Da Silva	Vice President of Uruguayan Game Developers Association (Montevideo, Uruguay)
Ingrida Lescauskiene	Associate Professor Vilnius TECH (Vilnius, Lithuania)
Jeanette Falk	Assistant Professor, Department of Computer Science, The

	Technical Faculty of IT and Design, Aalborg University in Copenhagen (Copenhagen, Denmark)
Johanna Pirker	Computer Science Professor (Games Engineering), Institute of Interactive Systems and Data Science at Graz University of Technology (Graz, Austria)
Kenji Ono	Lecturer, Department of Digital Entertainment, Faculty of Engineering, Tokyo International University of Technology (Tokyo, Japan)
Lars Kristensen	Lecturer in media, aesthetics and storytelling, Höskolan i Skövde, (Skövde, Sweden)
Marcus Toftedahl	Project manager, Science Park Skövde (Skövde, Sweden)
Maria Burns Ortiz	Executive Director, Global Game Jam (Minneapolis, USA)
Martine Spaans	CEO Fourth Moon Games (Lith, Netherlands)
Richard Hebblewhite	Director of Programs and Events, Global Game Jam (Wrexham, UK)
Robert Podgorski	Html5 games creator, BlackMoon Design studio (Poznan, Poland)
Tan Wee Hoe	Professor, Provost, University College Sedaya International (Kuala Lumpur, Malaysia)
Vasili Braga	Specialization Manager, Lecturer, Researcher, Technical University of Moldova, (Chisinau, Moldova)
Yaraslau I. Kot	Researcher, European Humanities University (Vilnius, Lithuania)
Михайло Кисленко	Senior mobile developer, Ubisoft (Україна)
Олександр Романюк	зав. каф. Програмного забезпечення, ВНТУ (Україна)
Олександр Терьошин	Unity3d developer, Wear studio (Україна)
Олексій Ізвалов	регіональний координатор Global Game Jam в Східній Європі, доц. ЕТІ ім. Ельворті (Україна)
Павло Івасюк	Co-Founder компанії WhoAR (Україна)
Павло Ломовцев	доцент каф. Комп'ютерних і фізико-математичних наук, ОНТУ (Україна)
Петро Горват	зав. каф. Комп'ютерних систем і мереж, ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Україна)
Сергій Артеменко	зав.каф. Комп'ютерної інженерії, ОНТУ (Україна)
Уляна Марікуца	зав. каф. Систем віртуальної реальності, Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)

Computer games and multimedia as an innovative approach to communication – 2026 / Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Odesa, May 21-22, 2026 – Odesa, ONUT Publishing House, 2026 – 467 p.

The collection includes materials from the conference participants' reports, which are grouped by thematic areas of the conference.

The collection will be useful both for specialists and employees of companies engaged in the development and promotion of computer games, as well as for teachers, masters and students of higher educational institutions studying in the areas and specialties of software, computer science, computer engineering, applied mathematics and information processing, and will be useful for professionals in the fields of gamification, esports, streaming, virtual reality, augmented reality, artificial intelligence, machine learning, game design, sound design.

The research results in the collection represent a kind of cross-section of the current state of affairs in the listed fields of knowledge, which can help both specialists and university students to form an overall picture of the development of computer games and multimedia and related issues.

Scientific papers are grouped by conference areas and listed in alphabetical order of authors' surnames.

Materials (abstracts of reports) are published in the author's editorial office. The author is responsible for the quality and content of the publications.

The materials are presented in Ukrainian and English.

The editors of the collection are Kotlyk S.V., Shestopalov S.V.

УДК 004:791.9:316.77

Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2026 / Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, Одеса, 21-22 травня 2026 р. – Одеса, Видавництво ОНТУ, 2026 р. – 467 с.

Збірник включає матеріали доповідей учасників конференції, які об'єднані за тематичними напрямками конференції.

Збірник буде корисним як для фахівців і працівників фірм, зайнятих в області розробки та просування комп'ютерних ігор, так і для викладачів, магістрів і студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямками і спеціальностями програмного забезпечення, комп'ютерних наук, комп'ютерної інженерії, прикладної математики та обробки інформації, буде корисним професіоналам у сферах гейміфікації, кіберспорту, стрімінгу, віртуальної реальності, доповненої реальності, штучного інтелекту, машинного навчання, геймдизайну, саунддизайну.

Результати досліджень у збірнику представляють собою своєрідний зріз сучасного стану справ в перерахованих галузях знань, який може допомогти як фахівцям, так і студентам університетів скласти загальну картину розвитку комп'ютерних ігор і мультимедіа та пов'язаних з ними питань.

Наукові праці згруповані за напрямками роботи конференції та наведені в алфавітному порядку прізвищ авторів.

Матеріали (тези доповідей) друкуються в авторській редакції. Відповідальність за якість та зміст публікацій несе автор.

Матеріали подано українською та англійською мовами.

Редактори збірника Котлик С.В., Шестопапов С.В.

ПЕРЕДМОВА

Проведення Першої міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерні ігри і мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2026» стало важливою подією для наукової та освітньої спільноти, що працює на перетині інформаційних технологій, цифрових медіа, геймдеву, штучного інтелекту та сучасних засобів комунікації. Конференція об'єднала науковців, викладачів, здобувачів освіти, представників ІТ-компаній, розробників програмного забезпечення, фахівців у сфері мультимедіа та комп'ютерних ігор з України та багатьох країн світу.

Сучасний світ переживає стрімку цифрову трансформацію. Комп'ютерні ігри вже давно перестали бути лише формою дозвілля. Вони стали потужним інструментом навчання, комунікації, професійної підготовки, маркетингу, наукового моделювання та соціальної взаємодії. Саме тому тематика конференції виявилася надзвичайно актуальною та викликала значний інтерес серед представників різних галузей науки і практики.

Шостий рік поспіль Одеський національний технологічний університет проводить конференцію «Комп'ютерні ігри і мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації», що стала важливим майданчиком для обміну ідеями між дослідниками, розробниками, викладачами, геймдизайнерами, художниками та підприємцями, які працюють у сфері цифрових технологій. Особливого значення конференція набула у 2026 році, адже саме цього року вона вперше отримала статус міжнародної. Якщо раніше захід об'єднував переважно українських науковців і практиків, то нинішня конференція стала майданчиком для широкого міжнародного діалогу. Набуття міжнародного статусу стало важливим кроком у розвитку конференції. Це сприяло встановленню нових професійних контактів між науковцями різних країн, створило передумови для реалізації спільних дослідницьких проєктів, академічних обмінів та міжнародних публікацій. Міжнародний формат також позитивно вплинув на якість представлених робіт. Конференція стала платформою для обговорення найсучасніших тенденцій розвитку ігрової індустрії, штучного інтелекту, віртуальної та доповненої реальності, цифрової освіти й мультимедійних технологій. Саме тому проведення першої міжнародної конференції можна розглядати не лише як важливу подію 2026 року, а й як початок нового етапу розвитку наукової спільноти, об'єднаної спільним інтересом до інноваційних цифрових технологій. До роботи конференції долучилися представники закладів вищої освіти, наукових організацій та компаній із Німеччини, Португалії, Польщі, Грузії, Молдови, Литви та інших країн. Поряд із відомими українськими університетами свої напрацювання представили дослідники з Technical University of Munich, Lusófona University, Technical University of Moldova, University of Warsaw, Caucasus International University та багатьох інших організацій. Така широка географія учасників підтверджує, що проблематика цифрових комунікацій, ігрових технологій та мультимедійних систем сьогодні є предметом глобального наукового інтересу.

На конференцію надіслали 215 тез доповідей, авторами яких були 312 чоловік із 78 наукових та освітніх установ, з яких 7 – зарубіжні (із Польщі, Молдови, Грузії, Португалії, Німеччини). Представлено практично всі регіони України – Одеса, Київ,

Харків, Львів, Дніпро, Вінниця, Ужгород, Полтава, Чернівці, Кривий Ріг, Херсон, Миколаїв, Луцьк, Суми, Житомир, Конотоп, Кам'янське, Черкаси, що свідчить про національний масштаб та міжвузівський характер заходу. Серед міжнародних учасників були Technical University of Munich (Німеччина), Technical University of Moldova (Молдова), Lusófona University (Португалія), Uniwersytet Warszawski (Польща), а також міжнародні організації та компанії у сфері геймдеву й мультимедіа – ANIMUS Foundation, Games Gathering Conference, ModernGameDev, Red Rats Production, BlackMoon Design.

Матеріали, представлені у збірнику, демонструють широкий спектр досліджень – від педагогічних аспектів гейміфікації навчання до складних технологічних рішень у сфері штучного інтелекту, процедурної генерації контенту, віртуальної та доповненої реальності, цифрового мистецтва, кіберспорту й сучасних бізнес-моделей ігрової індустрії.

Перший тематичний напрям «Освіта та наука» став найбільш представницьким за кількістю поданих матеріалів. Доповіді цього розділу продемонстрували, що гейміфікація поступово перетворюється з окремої методики на повноцінну педагогічну концепцію. Особливу увагу привернула робота «A Serious Game to Teach Patients in the Hospital About the Care Robot Robody» дослідників Technical University of Munich. Автори продемонстрували практичне використання серйозних ігор для підготовки пацієнтів до взаємодії з роботизованими медичними системами. Робота вдало поєднала сучасні підходи до освіти, медицини та гейміфікації, а тому може вважатися однією з найкращих доповідей секції.

Серед українських досліджень значний інтерес викликали роботи, присвячені використанню штучного інтелекту в освіті, застосуванню гейміфікованих платформ для викладання програмування, розвитку алгоритмічного мислення, підготовці майбутніх фахівців із кібербезпеки та інженерних спеціальностей. Особливо актуальними виявилися дослідження, спрямовані на персоналізацію освітнього процесу та створення інтерактивних навчальних середовищ.

У межах напрямку «Медіапростір» найбільшу увагу привернула доповідь «Information System for Analysis and Forecasting of Esports Team Performance on the Example of Dota 2». Робота демонструє можливості використання аналітичних інструментів для оцінювання результативності кіберспортивних команд і є прикладом поєднання спортивної аналітики, обробки даних та сучасних інформаційних технологій. Також значний інтерес викликали дослідження, присвячені впливу відеоігор на молодіжну культуру, кіберспорту як інструменту міжнародної комунікації та взаємодії кінематографа з ігровою індустрією.

У секції «Бізнес» особливої уваги заслуговує доповідь «Transformation of Game Development Business Models: Creator Economy as an Innovative Communication Tool». Автори розглянули сучасні тенденції розвитку індустрії комп'ютерних ігор, зміни у взаємодії між розробниками та аудиторією, а також економічні аспекти функціонування цифрових платформ. Робота вирізнялася актуальністю, глибоким аналізом та практичною спрямованістю.

Важливе місце в роботі конференції посів напрям «Технологічні інновації та сучасні ігрові механіки». Серед представлених досліджень особливий інтерес викликала робота, присвячена процедурній генерації та мережевій синхронізації великих воксельних світів у режимі реального часу. Дослідження демонструє

сучасний рівень розвитку технологій створення інтерактивних цифрових середовищ і має безпосереднє значення для майбутніх розробок у сфері комп'ютерних ігор та метавсесвітів.

У напрямі «Дизайн, арт та анімація» значна частина робіт була присвячена візуальним аспектам створення цифрового контенту, комп'ютерній анімації, дизайну ігрових рівнів, саунддизайну та художньому оформленню мультимедійних продуктів. Найкращими можна вважати дослідження, які поєднували художні рішення з технічними інструментами реалізації, демонструючи міждисциплінарний характер сучасної цифрової творчості.

Окремо слід відзначити напрям «Штучний інтелект і машинне навчання в ігрових системах». Саме ця секція стала своєрідним відображенням сучасних тенденцій розвитку цифрового світу. Роботи учасників були присвячені генеративному штучному інтелекту, адаптивним ігровим механікам, процедурній генерації контенту, створенню інтелектуальних агентів та використанню нейронних мереж у мультимедійних системах. Представлені дослідження підтвердили, що технології штучного інтелекту вже сьогодні формують новий етап розвитку як комп'ютерних ігор, так і цифрових комунікацій загалом.

Аналіз змісту доповідей дозволяє зробити висновок про кілька ключових тенденцій. По-перше, відбувається поступове зближення освіти, науки та ігрових технологій. По-друге, мультимедійні засоби все активніше використовуються для вирішення практичних завдань у медицині, бізнесі, маркетингу та державному управлінні. По-третє, штучний інтелект стає універсальним інструментом, який інтегрується практично в усі сфери цифрової діяльності.

Особливо цінним є той факт, що поряд із досвідченими науковцями активну участь у конференції взяли студенти, аспіранти та молоді дослідники. Це свідчить про формування нового покоління фахівців, здатних працювати в умовах цифрової економіки та створювати інноваційні продукти світового рівня.

Захід продемонстрував високий науковий рівень представлених досліджень, різноманітність тематики, міжнародний характер співпраці та значний потенціал розвитку напряму комп'ютерних ігор і мультимедіа в Україні. Представлені матеріали відображають не лише поточний стан розвитку галузі, але й окреслюють перспективні напрями майбутніх досліджень.

Збірник матеріалів нашої ігрової конференції, який тримає у руках читач, – це не просто каталог тез. Це зріз сучасного наукового мислення молодого покоління України, відбиття нашої здатності творити, мислити й будувати майбутнє, навіть у найскладніші часи. Ігрові технології, мультимедіа, віртуальна та доповнена реальність, штучний інтелект – усе це вже сьогодні формує нову парадигму комунікації, де навчання, творчість і наука зливаються у єдиний інтерактивний простір.

Редакційна колегія щиро дякує всім авторам за активну участь, високий науковий рівень робіт і прагнення до інновацій. Бажаємо всім натхнення, наукових відкриттів і нових досягнень у цьому захопливому, постійно змінному цифровому світі.

Редакційна колегія

PREFACE

The First International Scientific and Practical Conference «Computer Games and Multimedia as an Innovative Approach to Communication – 2026» became an important event for the scientific and educational community working at the intersection of information technologies, digital media, game development, artificial intelligence and modern means of communication. The conference brought together scientists, teachers, education seekers, representatives of IT companies, software developers, specialists in the field of multimedia and computer games from Ukraine and many countries of the world.

The modern world is experiencing a rapid digital transformation. Computer games have long ceased to be just a form of leisure. They have become a powerful tool for learning, communication, professional training, marketing, scientific modeling and social interaction. That is why the topic of the conference turned out to be extremely relevant and aroused considerable interest among representatives of various fields of science and practice.

For the sixth year in a row, the Odessa National University Of Technology has been holding the conference «Computer Games and Multimedia as an Innovative Approach to Communication», which has become an important platform for the exchange of ideas between researchers, developers, teachers, game designers, artists and entrepreneurs working in the field of digital technologies. The conference gained particular importance in 2026, because this year it first received international status. If earlier the event brought together mainly Ukrainian scientists and practitioners, then the current conference has become a platform for a broad international dialogue. Gaining international status was an important step in the development of the conference. This contributed to the establishment of new professional contacts between scientists from different countries, created the prerequisites for the implementation of joint research projects, academic exchanges and international publications. The international format also had a positive impact on the quality of the presented works. The conference became a platform for discussing the latest trends in the development of the gaming industry, artificial intelligence, virtual and augmented reality, digital education and multimedia technologies. That is why the holding of the first international conference can be considered not only as an important event of 2026, but also as the beginning of a new stage in the development of the scientific community, united by a common interest in innovative digital technologies. Representatives of higher education institutions, scientific organizations and companies from Germany, Portugal, Poland, Georgia, Moldova, Lithuania and other countries joined the conference. Along with well-known Ukrainian universities, researchers from the Technical University of Munich, Lusófona University, Technical University of Moldova, University of Warsaw, Caucasus International University and many other organizations presented their work. Such a wide geography of participants confirms that the issues of digital communications, gaming technologies and multimedia systems are today a subject of global scientific interest.

215 abstracts of reports were sent to the conference, the authors of which were 312 people from 78 scientific and educational institutions, of which 7 were foreign (from Poland, Moldova, Georgia, Portugal, Germany). Almost all regions of Ukraine were represented – Odessa, Kyiv, Kharkiv, Lviv, Dnipro, Vinnytsia, Uzhgorod, Poltava, Chernivtsi, Kryvyi Rih, Kherson, Mykolaiv, Lutsk, Sumy, Zhytomyr, Konotop,

Kamianske, Cherkasy, which indicates the national scale and interuniversity nature of the event. Among the international participants were Technical University of Munich (Germany), Technical University of Moldova (Moldova), Lusófona University (Portugal), Uniwersytet Warszawski (Poland), as well as international organizations and companies in the field of game development and multimedia – ANIMUS Foundation, Games Gathering Conference, ModernGameDev, Red Rats Production, BlackMoon Design.

The materials presented in the collection demonstrate a wide range of research – from pedagogical aspects of gamification of learning to complex technological solutions in the field of artificial intelligence, procedural content generation, virtual and augmented reality, digital art, eSports and modern business models of the gaming industry.

The first thematic area «Education and Science» became the most representative in terms of the number of submitted materials. The reports of this section demonstrated that gamification is gradually transforming from a separate methodology into a full-fledged pedagogical concept. The work «A Serious Game to Teach Patients in the Hospital About the Care Robot Robody» by researchers from the Technical University of Munich attracted particular attention. The authors demonstrated the practical use of serious games to prepare patients for interaction with robotic medical systems. The work successfully combined modern approaches to education, medicine and gamification, and therefore can be considered one of the best reports of the section.

Among Ukrainian research, significant interest was aroused by works devoted to the use of artificial intelligence in education, the use of gamified platforms for teaching programming, the development of algorithmic thinking, the training of future specialists in cybersecurity and engineering specialties. Research aimed at personalizing the educational process and creating interactive learning environments turned out to be especially relevant.

Within the «Media Space» direction, the report «Information System for Analysis and Forecasting of Esports Team Performance on the Example of Dota 2» attracted the most attention. The work demonstrates the possibilities of using analytical tools to assess the performance of esports teams and is an example of combining sports analytics, data processing and modern information technologies. Also of considerable interest were studies devoted to the impact of video games on youth culture, esports as a tool of international communication and the interaction of cinema with the gaming industry.

In the «Business» section, the report «Transformation of Game Development Business Models: Creator Economy as an Innovative Communication Tool» deserves special attention. The authors considered current trends in the development of the computer game industry, changes in the interaction between developers and the audience, as well as the economic aspects of the functioning of digital platforms. The work was distinguished by its relevance, deep analysis and practical orientation.

An important place in the work of the conference was occupied by the direction «Technological innovations and modern game mechanics». Among the presented studies, the work devoted to procedural generation and network synchronization of large voxel worlds in real time was of particular interest. The study demonstrates the current level of development of technologies for creating interactive digital environments and is of direct importance for future developments in the field of computer games and metaverses.

In the direction of «Design, Art and Animation», a significant part of the works was devoted to the visual aspects of creating digital content, computer animation, game level design, sound design and artistic design of multimedia products. The best can be

considered research that combined artistic solutions with technical tools of implementation, demonstrating the interdisciplinary nature of modern digital creativity.

Separately, it is worth noting the direction of «Artificial Intelligence and Machine Learning in Game Systems». It was this section that became a kind of reflection of modern trends in the development of the digital world. The works of the participants were devoted to generative artificial intelligence, adaptive game mechanics, procedural content generation, the creation of intelligent agents and the use of neural networks in multimedia systems. The presented studies confirmed that artificial intelligence technologies are already forming a new stage in the development of both computer games and digital communications in general.

Analysis of the content of the reports allows us to conclude about several key trends. Firstly, there is a gradual convergence of education, science and gaming technologies. Secondly, multimedia tools are increasingly used to solve practical problems in medicine, business, marketing and public administration. Thirdly, artificial intelligence is becoming a universal tool that is integrated into almost all areas of digital activity.

Of particular value is the fact that, along with experienced scientists, students, postgraduates and young researchers actively participated in the conference. This indicates the formation of a new generation of specialists capable of working in the digital economy and creating innovative world-class products.

The event demonstrated the high scientific level of the presented research, the diversity of topics, the international nature of cooperation and the significant potential for the development of the field of computer games and multimedia in Ukraine. The presented materials reflect not only the current state of development of the industry, but also outline promising areas of future research.

The collection of materials of our gaming conference, which the reader holds in his hands, is not just a catalog of abstracts. This is a cross-section of modern scientific thinking of the young generation of Ukraine, a reflection of our ability to create, think and build the future, even in the most difficult times. Gaming technologies, multimedia, virtual and augmented reality, artificial intelligence – all this is already forming a new paradigm of communication, where learning, creativity and science merge into a single interactive space. The editorial board sincerely thanks all the authors for their active participation, high scientific level of their work and desire for innovation. We wish everyone inspiration, scientific discoveries and new achievements in this exciting, constantly changing digital world.

Editorial board

PROBLEMS OF THE CONFERENCE

- 1. Education and science (gamification in educational processes, serious games, game-based teaching and training methods)**
- 2. Media space (eSports, streaming, social networks and gamification)**
- 3. Business (business models, monetization, marketing and advertising in game development, gambling)**
- 4. Technological innovations and modern game mechanics (game design, AR/VR, IoT and interaction with games, wearable devices and their role in gaming)**
- 5. Design, art and animation (level design, sound design, visual and art component of games, animation)**
- 6. Artificial intelligence and machine learning in game systems (game artificial intelligence, procedural content generation, adaptive game complexity, AI as a game narrative tool)**

ПРОБЛЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ

- 1. Освіта та наука (гейміфікація в освітніх процесах, серйозні ігри, ігрові методики викладання та тренінгів)**
- 2. Медіапростір (кіберспорт, стрімінг, соціальні мережі і гейміфікація)**
- 3. Бізнес (бізнес-моделі, монетизація, маркетинг та реклама в геймдеві, азартні ігри)**
- 4. Технологічні інновації та сучасні ігрові механіки (геймдизайн, AR/VR, IoT і взаємодія з іграми, носимі пристрої та їх роль у геймінгу)**
- 5. Дизайн, арт та анімація (дизайн рівнів, саунддизайн, візуал та арт-складова ігор, анімація)**
- 6. Штучний інтелект і машинне навчання в ігрових системах (ігровий штучний інтелект, процедурна генерація контенту, адаптивна складність ігор, AI як ігровий наративний інструмент)**

СПИСОК
організацій, представники яких брали участь у роботі конференції
LIST
of organizations whose representatives participated in the conference

ANIMUS Foundation
BlackMoon Design
Caucasus International University/ Akaki Tsereteli State University
Games Gathering Conference
Iakob Gogebashvili Telavi State University
Telavi Public School N5 (LEPL)
Lusófona University
ModernGameDev
Red Rats Production
Technical University of Moldova
Technical University of Munich
Uniwersytet Warszawski, wydział «Artes Liberales»
Академія праці, соціальних відносин і туризму
ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету»
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
Вінницький національний технічний університет
Волинський національний університет імені Лесі Українки
ВСП «Фаховий коледж Національного університету кораблебудування»
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет»
Державний податковий університет
Державний університет «Київський авіаційний інститут»
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Донбаська державна машинобудівна академія
Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті
Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова
Житомирський державний університет імені Івана Франка
Запорізький національний університет
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України
Інститут фізики Національної академії наук України
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
Київський інститут Національної гвардії України
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Київський національний університет театру, кіно і телебачення імені І. К. Карпенка-Карого
Київський національний університет технологій та дизайну
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей» Чугуївської міської ради Харківської області
Комунальний заклад «Ліцей №24» Кам'янської міської ради
Криворізький державний педагогічний університет
Луцький національний технічний університет
Міжнародний університет
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного
Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Національний університет «Запорізька політехніка»
Національний університет «Львівська Політехніка»
Національний університет «Одеська політехніка»
Національний Університет «Одеська Юридична Академія»
Національний університет «Київський авіаційний інститут»
Національний університет водного господарства та природокористування
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Український державний університету науки і технологій
ННІ філології КНУ ім. Шевченка
Одеський національний технологічний університет
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Одеський фаховий коледж економіки, права та готельно-ресторанного бізнесу
Педагогічний фаховий коледж Комунального закладу вищої освіти «Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія» Запорізької обласної ради
Поліський національний університет
Регенсбургський університет
Сумський державний університет
Тернопільський національний педагогічний університет імені В.Гнатюка
Ужгородський національний університет
Українська державна льотна академія
Український державний університет залізничного транспорту
Український державний університет науки і технологій
Університет митної справи та фінансів
Університет імені Альфреда Нобеля
Фаховий коледж Класичного приватного університету
Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій ОНТУ
Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Харківський національний університет радіоелектроніки
Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка
Чернівецький Національний університет імені Юрія Федьковича
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили

Зміст

Content

Розділ 1. Освіта та наука (гейміфікація в освітніх процесах, серйозні ігри, ігрові методики викладання та тренінгів)	Стор.
GAME JAMS AS EDUCATIONAL TOOLS: INSIGHTS FROM CULTURAL AND SDG-BASED CASE STUDIES. F. Luz, W. Almeida (Lusófona University, Portugal)	29
A SERIOUS GAME TO TEACH PATIENTS IN THE HOSPITAL ABOUT THE CARE ROBOT ROBODY. Henning G., Pammer A., Hostettler R., Pirker J., Plecher D.A., Eichhorn C. (Technical University of Munich, Germany)	32
DIGITAL GAMIFICATION IN LEGAL EDUCATION: ENHANCING ACADEMIC ENGAGEMENT AND PROFESSIONAL COMPETENCIES. O. Kiriiak (Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine)	34
SETTING TRANSFORMATION IN GACHA GAMES AS A STRATEGY TO ENGAGE PEOPLE. Melnyk K. V., Sazhina A. V. (National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukrainian State Flight Academy, Ukraine)	37
GENERATIVE AI IN REFLECTIVE TEACHING PRACTICE OF ART STUDENTS. Mykolaichuk V. R., Mykolaichuk A. R. (Taras Shevchenko National University of Kyiv, National Academy of Fine Arts and Architecture, Ukraine)	39
GAMIFICATION AND INTERACTIVE LEARNING IN MILITARY TRANSLATION TRAINING. Skyba O. (Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine, Ukraine)	42
GAMIFICATION OF OPERATIONAL LEARNING MANAGEMENT: AN ANTHROPOCENTRIC INTERACTION MODEL. Sytnik O.O., Vdovitchenko O.V. (National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Ukraine)	45
SCRATCH.MIT.EDU AS A TOOL FOR DEVELOPING ALGORITHMIC CULTURE THROUGH THE EXAMPLE OF AN EDUCATIONAL GAME. Zakariashvili M. Z. (Iakob Gogebashvili Telavi State University, Georgia)	47
АДАПТИВНІ МЕХАНІКИ СЕРЬОЗНИХ ІГОР ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ. Андреев С. (Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей» Чугуївської міської ради Харківської області, Україна)	79
ГЕЙМІФІКОВАНА ВЕБПЛАТФОРМА «МУРМОВА» ЯК ЗАСІБ ЗНИЖЕННЯ КОГНІТИВНОГО БАР'ЄРА У НАВЧАННІ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ. Антоненко Є.Д., Алека Г.І. (Криворізький державний педагогічний університет, Україна)	51
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ТА КІБЕРОСВІТА. Бархаленко К. М., Уваркіна О. В. (Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна)	54
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ. Бацуровська І. В., Кашина Г. С. (Академія праці, соціальних відносин і туризму, Україна)	56
ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ТРАНСФОРМАЦІЇ ІНШОМОВНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ СФЕРИ ТУРИЗМУ ТА ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ СПРАВИ. Березінська О. В. (Міжнародний університет, м. Одеса, Україна)	58
ВИКОРИСТАННЯ РОЗПАРАЛЕЛЕННЯ У СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Бобко О.Л. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	60
ІГРОВА ІМЕРСІЯ У ВИКЛАДАННІ КІБЕРБЕЗПЕКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ. Божко Н.В. (ВСП «Фаховий коледж Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова», Україна)	62
ПОЄДНАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ГЕЙМІФІКОВАНИХ ПІДХОДІВ У ВИКЛАДАННІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ: ДИДАКТИЧНИЙ АСПЕКТ. В.М. Кузнецов, Т.М. Бусарова, Т.С. Гришечкіна (Український державний університет науки і технологій, Україна)	64
МОДЕЛЬ ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ МЕХАНІК В ОНТОЛОГО-КЕРОВАНОМУ	66

ЕЛЕКТРОННОМУ КУРСІ. Вихованець Д. Д. (Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, Україна)	
ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ДИЗАЙНЕРІВ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ЦИФРОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ПРОЦЕСІ FRONTEND-РОЗРОБКИ. Гарматенко О. М. (Запорізький національний університет, Україна)	69
ЗАСТОСУВАННЯ ІГРОВИХ МЕХАНІК ДЛЯ РОЗВИТКУ СОФТ СКІЛІВ У СТУДЕНТІВ ІТ-СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ. Глинчук Л.Я. (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна)	72
ГЕЙМІФІКАЦІЯ НАВЧАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «КІБЕРСПОРТ». Т.С. Гришечкіна (Український державний університет науки і технологій, Україна)	74
СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ З ІНФОРМАТИКИ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. Дорошук Р. В. (Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна)	75
ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСУ INTERASTY У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ІНФОРМАТИКИ. Єрмак А.А., Пшенична О.С. (Запорізький національний університет, Україна)	77
ГЕЙМІФІКАЦІЯ В ОСВІТНІХ ПРОЦЕСАХ: ВІД СТРУКТУРНОЇ МОТИВАЦІЇ ДО АКТИВНОГО НАВЧАННЯ. Зима І. В. (Національний університет «Одеська політехніка», Україна)	78
ГЕЙМІФІКОВАНІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ СИМУЛЯТОРИ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ДО БІОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ. Зінченко М. О. (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна)	81
АРХІТЕКТУРА МОДУЛЯ ВАЛІДАЦІЇ 3D-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ІГРОВИХ РУШІВ ЗАСОБАМИ BLENDER PYTHON API. Кочнев Є.А., Кательніков Д.І. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	83
МОДЕЛІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ. Куріцин Д. К., Ковалюк Т.В. (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна)	84
КВЕСТ-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД. Листопад О. А., Листопад Н. Л. (Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», Комунальний заклад «Одеський педагогічний фаховий коледж», Україна)	86
ГЕЙМІФІКАЦІЯ В ПОЄДНАННІ З ТЕХНОЛОГІЯМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ. Лучин І. В., Левус Є. В. (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	89
ДОСВІД СТОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ІГОР ДЛЯ СТУДЕНТІВ ГУМАНІТАРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ. Малюк Є. О. (Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Україна)	91
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ТА РОЗВИТОК SOFT SKILLS ЯК ІННОВАЦІЙНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ КРЕАТИВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ. Мардарова І.К., Гуданич Н. М. (Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», Україна)	93
РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКУ АВТОМАТИЧНОГО КВАНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА СЕГМЕНТАМИ ВІДПОВІДНО КОЛЬОРУ. Маркевич Н. В., Здолбіцька Н. В. (Луцький національний технічний університет, Україна)	96
ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З «КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ» МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ІГОР. Мартинова Н.С., Подлужний Н.Д. (Сумський державний університет, Україна)	97
РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНИХ ОСВІТНІХ ЗАСТОСУНКІВ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ІГРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ. Масний З. Р., Карабін О. Й. (Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна)	100
МОДЕРНІЗАЦІЯ ОСВІТНІХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІДЕОІГОР. Метельов А.	102

О. (ModernGameDev, Україна)	
PROMPT ENGINEERING ЯК СУЧАСНА АКАДЕМІЧНА НАВИЧКА В ESP-ПІДГОТОВЦІ ЖУРНАЛІСТІВ. Миколайчук А.І. (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна)	104
ЛЬВІВСЬКИЙ ІГРОВИЙ ГУРТОК: МЕТОДИ НАВЧАННЯ І ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ. Михайлів А. П. (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	106
ВИКЛИКИ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ РОЗРОБЦІ ІГОР В ЛЬВІВСЬКІЙ ПОЛІТЕХНІЦІ. Михайлів А. П., Марікуца У. Б. (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	108
ВІД АЛГОРИТМУ ЕВКЛІДА ДО ЗАХИСТУ ОНЛАЙН-ГРИ: MAPLE-ТРЕНАЖЕРИ З МАТЕМАТИЧНИХ ОСНОВ КРИПТОГРАФІЇ. Михалевич В. М., Мороз М. А., Нагорний М. О. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	110
ГЕЙМІФІКАЦІЯ МОВНОГО НАВЧАННЯ: АНАЛІЗ ІГРОВИХ МЕХАНІЗМІВ DUOLINGO. Мозговий Д. А., Ріппа С. П. (Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Україна)	113
МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ПІДТРИМКИ КОМУНІКАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ПОДІЯМИ МОЛОДІЖНОЇ СПІЛЬНОТИ «САД БОСКО». Мокра О. Р. (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	115
АДАПТИВНА ГЕЙМІФІКАЦІЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЛІЦЕНЗІЙНОГО ІНТЕГРОВАНОГО ІСПИТУ «КРОК» У МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ. Моргунов Р. В., Ліщинська Л. Б. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	116
ФЕНОМЕН ГЕЙМЕРСТВА: ВІД ГРИ ДО НАВЧАННЯ. Музичка Н. С., Харченко І. В., Яковлев Р. Е. (Комунальний заклад «Ліцей №24» Кам'янської міської ради, Україна)	119
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПЛАТФОРМ КАНООТ!, QUIZZZ ТА DUOLINGO. Нестерчук О. М. (Український державний університет залізничного транспорту, Україна)	121
ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ. Пастернак В.В. (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна)	123
ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ. Пастернак В.В., Дубич П.А., Сметюх Б.Р. (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна)	125
ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ЗАСІБ АКТИВІЗАЦІЇ МОВЛЕННЯ ДІТЕЙ ІЗ ТЯЖКИМИ ПОРУШЕННЯМИ МОВЛЕННЯ. Пащенко Є.О. (Харківська гуманітарно-педагогічна академія Харківської обласної ради, Україна)	127
СЦЕНАРНЕ НАВЧАННЯ (SBL) ТА ІГРОВІ МЕХАНІКИ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ФОРМУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ КОМПЕТЕНЦІЙ МАГІСТРІВ. Платонов В. В., Платонова Є. В. (Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Україна)	128
СИМУЛЯЦІЯ ПОВНОГО ЦИКЛУ SCRUM НА СКЛАДНОМУ РОЗПОДІЛЕНОМУ ПРОГРАМНОМУ ПРОЄКТІ В УНІВЕРСИТЕТСЬКОМУ ВОРКШОПІ (ПРИКЛАД VARTA). Платонов В. В., Платонова Є. В. (Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Україна)	130
ЗНАЧЕННЯ ЦИФРОВОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКЛАДАННЯ ІСТОРИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ЗЗСО. Прилуцька Т. Д. (Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди, Україна)	133
МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕЙМІФІКОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ CODECOMBAT Прочухан Д.В. (Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна)	135
РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОЇ ГРИ «ВГАДАЙ ПРАПОР» ЗАСОБАМИ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ JAVA. Ратушняк Т.В., Загороднюк А.І. (Державний податковий університет, Україна)	135
ГЕЙМІФІКАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ. Рисована З.Г., Рисований О.М. (Комунальний заклад "Харківський ліцей № 164 Харківської міської ради", Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,	138

Україна)	
ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ. Романюк О. Н., Лесько О. Й., Ціхановська О. М. (Вінницький національний технічний університет, ВННІЕ ЗУНУ, Україна)	140
ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР В МЕДИЦИНІ. Романюк О.Н., Котлик С.В. (Вінницький національний технічний університет, Одеський національний технологічний університет, Україна)	142
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «КОМП'ЮТЕРНА АНІМАЦІЯ». Романюк О.Н., Котлик С.В., Романюк О.В. (Вінницький національний технічний університет, Одеський національний технологічний університет, Україна)	144
ІГРОВІ ДОДАТКИ ДЛЯ КОГНІТИВНО-ПОВЕДІНКОВОЇ ТЕРАПІЇ. Романюк О.Н., Котлик С.В., Тітова Н.В., Романюк С.О. (Вінницький національний технічний університет, Одеський національний технологічний університет, Національний університет «Одеська політехніка», Україна)	146
МОЛОДІЖНІ КОНКУРСИ З КОМП'ЮТЕРНОЇ АНІМАЦІЇ. Романюк О. Н., Майданюк В. П., Романюк О. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	148
МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ АНІМАЦІЇ. Романюк О. Н., Майданюк В. П., Романюк О. В., Котлик С. В. (Вінницький національний технічний університет Одеський національний технологічний університет, Україна)	150
ОПТИМІЗОВАНІ АЛГОРИТМИ ЦИФРОВОГО СИНТЕЗУ ЗВУКУ ДЛЯ САУНД-ДИЗАЙНУ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ ТА МУЛЬТИМЕДІА. Сентюрін Є. Є. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	153
ГРА ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ. Слушна Н.В. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	154
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ЯК ЕЛЕМЕНТ ІГРОВИХ МЕТОДИК НАВЧАННЯ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ЗРАЗКІВ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ. Снітков К. І., Бондаренко С. В., Поліщук А. М. (Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Україна)	155
ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ МЕХАНІК ДЛЯ ПІДТРИМКИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ В ПЕРСОНАЛІЗОВАНІЙ ОСВІТНІЙ СИСТЕМІ. Ковалюк Т.В., Сорока С.М. (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна)	158
МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ІГОР-ПІСОЧНИЦЬ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПРОГРАМІСТІВ. Стахів Ю. М., Вовк Р. Б. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна)	161
КОМП'ЮТЕРНІ ІГРИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ. Теренчук А. Т. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	163
СИНЕРГІЯ АКАДЕМІЧНОЇ ОСВІТИ ТА ПРАКТИЧНИХ СПІЛЬНОТ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ: ДОСВІД ЛЬВІВСЬКОГО ІГРОВОГО ГУРТКА. Турук Д. В. (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	164
ФАКУЛЬТАТИВ З РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ З ПРОГРАМУВАННЯ. Федотов Є. Є., Циммерман Г. А. (Запорізький національний університет, Україна)	166
ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ІГОР СЕРВІСІВ WORDWALL ТА LEARNINGAPPS У ПРОЦЕСІ ОЗНАЙОМЛЕННЯ СТАРШИХ ДОШКІЛЬНИКІВ З ЕМОЦІЯМИ ЗАСОБАМИ ІНТЕРАКТИВНОЇ ДОШКИ. Чернова М.Є., Кононенко К.Р. (Педагогічний фаховий коледж Комунального закладу вищої освіти «Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія» Запорізької обласної ради, Україна)	169
Розділ 2. Медіапростір (кіберспорт, стрімінг, соціальні мережі і гейміфікація)	172
MASS MEDIA AS AN INSTRUMENT OF INTELLIGENCE PROPAGANDA: THEORETICAL FRAMEWORKS AND CONTEMPORARY CHALLENGES. Ана JiKia	172

(Caucasus International University, Akaki Tsereteli State University, Georgia)	
THE EVOLUTION OF VIDEO GAMES: DIGITAL ART AND SOCIAL CONNECTION IN YOUTH CULTURE. Morgun A. R., Beznis P. M. (Odessa National Technological University, Ukraine)	174
ТЕХНІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МУЛЬТИМЕДІА В МЕСЕНДЖЕРІ TELEGRAM ЧЕРЕЗ ПРОТОКОЛ MTPROTO. Василенко Н. С., Ткаченко О. М. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	176
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КІБЕРСПОРТИВНИХ КОМАНД НА ПРИКЛАДІ DOTA 2. Павлишин І. П., Левус Є. В. (Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	177
КІБЕРСПОРТИВНА ЕКОСИСТЕМА ЯК ІННОВАЦІЙНА МОДЕЛЬ МЕДІАКОМУНІКАЦІЇ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. Писарькова В. Р. (Університет імені Альфреда Нобеля, Україна)	179
РОЗРОБКА ВЕБПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПОШУКУ ІГРОВИХ ПАРТНЕРІВ ТА ОНЛАЙН-КОМУНІКАЦІЇ. Пікуляк М. В., Грабівчук І. С. (Карпатський національний університет імені В. С. Стефаника, Україна)	182
ВИКОРИСТАННЯ РОЛЕВИХ МЕХАНІК ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ ЗАЛУЧЕНОСТІ КОРИСТУВАЦЬКОЇ БАЗИ. Сідельнікова А. С. (Національний університет «Одеська політехніка», Україна)	185
КІБЕРСПОРТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПУБЛІЧНОЇ ДИПЛОМАТІЇ ТА КУЛЬТУРНОЇ КОМУНІКАЦІЇ В ЕПОХУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ. Андреев С., Андреева В., Малявіна М. (Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей» Чугуївської міської ради Харківської області, Україна)	186
ЕВОЛЮЦІЯ ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ: ВІД АРКАДНИХ АВТОМАТІВ ДО ХМАРНОГО ГЕЙМІНГУ. Антонов З.Є. (ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій» ОНТУ, Україна)	188
КОМПЛЕКСНА ЦИФРОВІЗАЦІЯ ДОКУМЕНТООБІГУ КІБЕРСПОРТИВНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ. Горячкін В. М. (Український державний університет науки і технологій, Україна)	190
ІНТЕРАКТИВНІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЦИФРОВОМУ МЕДІАПРОСТОРІ З ПОДІЄВОЮ ОРГАНІЗАЦІЄЮ ВЗАЄМОДІЇ. Пановик У.П. (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	192
СПІВВІДНОШЕННЯ ПОНЯТЬ «МАГІЯ», «ВІРА» І «РЕЛІГІЯ» У СУЧАСНІЙ МАСОВІЙ КУЛЬТУРІ НА ПРИКЛАДІ ФЕНТЕЗІЙНИХ ВІДЕОІГОР. Рожков О.О. (Uniwersytet Warszawski, wydział «Artes Liberales», Poland)	195
ТОЧКИ ПЕРЕТИНУ КІНЕМАТОГРАФА ТА ВІДЕОІГОР У СУЧАСНОМУ МЕДІАПРОСТОРІ. Сіренко М. О. (Київський національний університет театру, кіно і телебачення імені І. К. Карпенка-Карого, Україна)	198
Розділ 3. Бізнес (бізнес-моделі, free-to-play, азартні ігри, гейміфікація в маркетингу, рекламні ігри)	201
INTEGRATION OF GAMIFICATION INTO POINT OF SERVICE SYSTEMS FOR ENHANCEMENT OF STAFF PERFORMANCE. Akchakaia K., Lishchynska L. B. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	201
COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROACHES TO AUTOMATION OF PAYMENT CALCULATIONS IN MARKETPLACES. Krushelnytskyi A.V., Reyda O.M. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	203
ТРАНСФОРМАЦІЯ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ ГЕЙМДЕВУ: ЕКОНОМІКА «ТВОРЦЯ» ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ КОМУНІКАЦІЇ. Болтач С.В., Цишук М.О. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	204
АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СТАРТАП-ПРОЄКТУ. Гавенко О. В., Бурбело С. М., Бевз С. В. (Вінницький національний технічний університет, Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Україна)	206

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОМОСТІ ФАКТОРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ. Оліярник Т. І. (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	208
ЛУТБОКСИ, ГАЧА-МЕХАНІКИ ТА РАУ-ТО-SKIP ЯК МОНЕТИЗАЦІЯ ІГОР: ЕКОНОМІКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕГУЛЯТОРНА ВІДПОВІДЬ. Содель А. О., Гладченко О. В. (Державний податковий університет, м. Ірпінь, Україна)	210
РОЗРОБКА КРОСПЛАТФОРМЕНОЇ ІГРОВОЇ СИСТЕМИ З ДИНАМІЧНОЮ МОДЕЛЛЮ ВІНАГОРОД У СЕРЕДОВИЩІ TESTNET. В.В. Столяр, Г.Б. Ракитянська (Вінницький національний технічний університет, Україна)	212
SOFTWARE SUPPORT FOR MONETISATION AND DEMAND MANAGEMENT IN ENTERTAINMENT AND GAME-ORIENTED SERVICES. Khoshaba O., Pokhodzei D. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	215
IN-GAME ADVERTISING ЯК ВИСОКОЕФЕКТИВНИЙ КАНАЛ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ. С. Андреев, В. Андреева, Д. Матвієнко Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей» Чугуївської міської ради Харківської області, Україна)	217
ТЕМНА ТРІАДА ОСОБИСТОСТІ В КОРПОРАТИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ: ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЯВЛЕННЯ ПРИ ВІДБОРІ ПЕРСОНАЛУ. Варіс І.О. (Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Україна)	218
СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ТРАНСФОРМАЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ ЗМІН СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА. Головчук Ю.О. (Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, Україна)	221
ВИКОРИСТАННЯ МОВИ MERMAID ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ МАРКЕТИНГУ. Ратушняк Т.В., Шиманська А.Я., Молибога С.Р. (Державний Податковий Університет, Університет Humanitas, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Україна)	223
Розділ 4. Технологічні інновації та сучасні ігрові механіки (геймдизайн, AR/VR, IoT і взаємодія з іграми, носимі пристрої та їх роль у геймінгу)	226
DEVELOPMENT AND RESEARCH OF METHODS FOR PROCEDURAL GENERATION AND NETWORK SYNCHRONIZATION OF LARGE-SCALE VOXEL WORLDS IN REAL-TIME. Fedenov V., Podorozhniak A. (National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Ukraine)	226
NOTIFICATION AND COMMUNICATION METHODS IN INFORMATION SYSTEMS FOR RESIDENTIAL COMPLEXES. Hrynychak M.O., Melnyk O.V. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	229
HIGH-PERFORMANCE DECENTRALISED SYSTEMS FOR COMPUTER GAME BACKENDS USING SOLANA. Khoshaba O. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	230
PERSONALIZATION OF MEDICATION SCHEDULES IN DRUG THERAPY SUPPORT SYSTEMS. Kovalchuk I.S., Reyda O.M. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	233
OPTIMIZATION OF STORAGE AND INDEXING OF EDUCATIONAL CONTENT IN DISTRIBUTED SYSTEMS. Lavreniuk A.O., Maidaniuk V.P. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	234
DATA AGGREGATION METHODS FROM MULTIPLE SOURCES FOR FORMING A UNIFIED REGISTRY OF CULTURAL EVENTS. Liniichuk M.O., Reyda O.M. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	235
METHODS FOR BUILDING TRUST AND REPUTATION SYSTEMS IN SHARED TRAVEL PLATFORMS. Melnyk D.V., Romanyuk O.N. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	237
DESIGN OF A GAMIFICATION MODULE FOR A SELF-DEVELOPMENT MOBILE APPLICATION. Opanasiuk M. S., Solomakha Y. E., Kovalenko S. M., Liutenko I. V. (National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Ukraine)	238
REWARDS AND ACHIEVEMENTS SYSTEM FOR PARTICIPANTS OF JOINT URBAN	241

CLEAN-UP EVENTS. Pavlyk O.V., Romanyuk O.N. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	
METHODS FOR PREDICTING ROAD PAVEMENT DEGRADATION BASED ON ACCUMULATED DATA ANALYSIS. Prokopovych B.R., Romanyuk O.N. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	242
DEFENSIVE CYBERSECURITY MECHANISMS IN COMPETITIVE MULTIPLAYER GAMES: ANALYZING KERNEL-LEVEL ANTI-CHEAT SOLUTIONS. Saritaş Y. A., Panchenko V.I, Chernykh O.P. (National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine)	244
PROCEDURAL TEXTURING IN GAME DEVELOPMENT: INTEGRATION INTO THE PRODUCTION PIPELINE. Savelko R.O., Romanyuk O.N. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	246
DEVELOPMENT OF A BOARD GAME ON THE TABLETOP SIMULATOR PLATFORM. Skochko O., Podorozhniak A. (National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ukraine)	248
PLAYER PROGRESSION SYSTEMS IN SIMULATORS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF MECHANICS. Vyshnivska V.V., Kovalenko O.O. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	250
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ СУЧАСНИХ 3D-ІГОР ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ. Бабак А. Р., Рисований О.М. (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна)	252
РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ СТУДЕНТІВ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ. Березін Д. С., Теренчук А. Т. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	254
АРХІТЕКТУРА ТА МЕТОДИ РОЗРОБКИ CAD-СИСТЕМ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГРАФІЧНИХ СХЕМ. Бобошко М.М., Шестопапов С.В. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	255
РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОБЧИСЛЕНЬ В ІНТЕРАКТИВНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРІ. Верховецький М. Є., Туленков А. В., Пархоменко А. В. (Національний університет «Запорізька політехніка», Україна)	257
ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ МУЛЬТИПЛЕЄРНОГО ІГРОВОГО ЗАСТОСУНКУ. Войтко В.В., Черноволик Г.О., Барчук Н.Є., Гаврилук О.В., Чорнопиский Р.В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	260
РОЗРОБКА БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКОЇ ОНЛАЙН-ГРИ НА ПЛАТФОРМІ ROBLOX «ANIVERSE TYCOON» Галишич І.М., Іванчо І.І., (Ужгородський національний університет, Україна)	262
АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ У ВЕБ-ГЕОІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ. Денисюк Д. О. (Поліський національний університет, Україна)	265
МЕТОДИКА ІНТЕГРАЦІЇ МЕРЕЖЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ НА БАЗІ UNITY NETCODE FOR GAMEOBJECTS НА РАННІХ ЕТАПАХ РОЗРОБКИ ІГРОВИХ ПРОЄКТІВ. Жажин Д.О., Жуковецька С.Л. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	266
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ РЕНДЕРИНГУ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Завальнюк Є. К. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	267
ІННОВАЦІЇ В ГАЛУЗІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР. Завальнюк Є. К. , Романюк О. Н., Котлик С. В. (Вінницький національний технічний університет, Одеський національний технологічний університет, Україна)	269
ВІЗУАЛЬНА НОВЕЛА ЯК ІНСТРУМЕНТ ІГРОВОЇ ПСИХОДІАГНОСТИКИ. Заливанський С. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	271
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ МЕРЕЖНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ В ОС WINDOWS. Зіборов Н.В., Кательніков Д.І. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	273
ІНТЕГРАЦІЯ WEBAR-ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІГРОВИХ МЕХАНІК ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО НАВІГАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ. Зінін М., Власова К., Власова	274

М., Литвин А. (Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті, Україна)	
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР. Казарин Д.А., Рисований О.М. (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна)	276
ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ СУБ'ЄКТІВ СФЕРИ ПОСЛУГ. Козоріз Р. І. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	277
MDI – ТЕХНОЛОГІЯ ЯК ЗАСІБ ОРГАНІЗАЦІЇ БАГАТОВІКОННОГО ІНТЕРФЕЙСУ. Комар Ю. М. (Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, Україна)	279
ДЕКОНСТРУКЦІЯ ОБРАЗУ ГЕРОЯ В ІНДІ-ГРАХ: ПОДОЛАННЯ СОЦІАЛЬНОЇ СТИГМАЦІЇ ТА БУЛІНГУ ЧЕРЕЗ ІГРОВІ МЕХАНІКИ. Копилов Т.Є. (Games Gathering Conference, Україна)	281
ВИКОРИСТАННЯ ФІЗИКИ У UNITY ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГЕЙМПЛЕЙНОГО РІЗНОМАНІТТЯ У ІГРАХ ПЛАТФОРМЕРАХ. Кривченко А.А., Джабраїлов Д.В., Залапін О.І. (Відокремлений структурний підрозділ «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету», Україна)	283
ВИКОРИСТАННЯ ПОЛЯРНИХ СИСТЕМ КООРДИНАТ ДЛЯ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ КОСМІЧНИХ СТРУКТУР. Кудрявцев А. В. (ЧНУ ім. Петра Могили, Україна)	286
СИСТЕМА ЖЕСТОВОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ СИМУЛЯТОРУ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРУ LEAP MOTION. Набока В. Д., Шестопапов С. В. (Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна)	288
ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ТА СУЧАСНІ ІГРОВІ МЕХАНІКИ: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОБУДОВИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ У НАСТІЛЬНИХ РПГ. Нечволода Л.В., Крикуненко К.М., Непомнящий В.О. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)	292
СТВОРЕННЯ DATA-ORIENTED СИСТЕМИ ПОВЕДІНКИ ІГРОВИХ ВОРОГІВ В СЕРЕДОВИЩІ UNITY DOTS ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТА BEHAVIOR DESIGNER PRO. Пархоменко Ю. Д., Мельников О. Ю. (Донбаська державна машинобудівна академія, Україна)	293
АВТОМАТИЗОВАНА ГЕНЕРАЦІЯ РЕЛЯЦІЙНИХ СХЕМ БАЗ ДАНИХ НА ОСНОВІ ОБ'ЄКТІВ ОБМІНУ ДАНИМИ JSON У GAMEDEV-СИСТЕМАХ. Пислар О. І., Ліщинська Л. Б. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	295
ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІДЕОГРИ У ЖАНРІ TOWER DEFENCE ЗАСОБАМИ GODOT ENGINE. Пікуляк М.В., Сванідзе К.Г. (Карпатський національний університет імені В. Стефаника, Україна)	297
ОЦІНЮВАННЯ СТРУКТУРНОЇ ЖИВУЧОСТІ СЕРВЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МАСОВИХ БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКИХ ІГОР НА ОСНОВІ ЛОГІКО-ІМОВІРНІСНОГО ТРАЄКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ. Приймак Н., Жук Ю. (Національний університет «Львівська Політехніка», Україна)	299
СТВОРЕННЯ ПАНОРАМИ ЗОБРАЖЕНЬ. Рейда М. О., Рейда О. М. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	302
МЕТОДИ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ. Рейда М. О., Черній А. О., Рейда О. М. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	303
МОДЕРНІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ХЕШУВАННЯ СІМЕЙСТВА MURMURHASH В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Рисований О.М. (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна)	306
АНАЛІТИКА ПОВЕДІНКИ ГРАВЦІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БАЗ ДАНИХ. Романюк О. В., Романюк О. Н., Миргородський А. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	307
РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТРИВИМІРНИХ ЛАНДШАФТІВ НА ОСНОВІ ШУМІВ ПЕРЛІНА. Романюк О. Н., Майданюк В. П., Маркевич Д. В. (Вінницький національний технічний університет,	310

Україна)	
ЗАЛЕЖНІСТЬ КІЛЬКОСТІ ПЕРСОНАЖІВ ВІД СКЛАДНОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ. Романюк О. Н., Теренчук А. Т., Романюк С. О. (Вінницький національний технічний університет, Національний університет «Одеська політехніка», Україна)	312
ВИКОРИСТАННЯ РОЗПАРАЛЕЛЕННЯ У СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Романюк О.Н. Бобко О.Л. (Вінницький національний технічний університет, Україна), Котлик С.В. (Одеський національний технологічний університет)	314
ЗАСТОСУВАННЯ ІОТ-ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ ESP32 ЯК КОНТРОЛЕРІВ У ВІДЕОІГРАХ. Романюк О.Н., Гандрибіда В. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	316
ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕДУРНИХ ТЕКСТУР У КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Романюк О.Н., Котлик С.В., Новосельцев О.О. (Вінницький національний технічний університет, Одеський національний технологічний університет, Україна)	318
АДАПТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ АНТИАЛІАЙЗИНГУ В СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Романюк О.Н., Котлик С.В., Бабій Б.В. (Вінницький національний технічний університет, Одеський національний технологічний університет, Україна)	320
ПРИХОВУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ У КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Романюк О.Н., Котлик С.В., Нечипорук М.Л. (Вінницький національний технічний університет, Одеський національний технологічний університет, Україна)	322
ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ГЕНЕРАЦІЇ ПАТЕРНІВ СНАРЯДІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ. Сіренко О. І., Левковський В. Р. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	325
НЕВИДИМІ АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ: ЯК ПРОГРАМНІ МЕХАНІКИ КОМПЕНСУЮТЬ ФІЗІОЛОГІЧНІ ОБМЕЖЕННЯ ГРАВЦЯ В ІНТЕРАКТИВНИХ СИСТЕМАХ. Слободянюк А.В., Ткаченко О.М. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	327
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ КОНТЕНТУ В ІГРАХ ЖАНРУ «RUNNER». Чернецький О.О., Шестопапов С.В. . (Одеський національний технологічний університет, Україна)	328
АДАПТИВНА МАСОВО-ПРУЖИННА МОДЕЛЬ ДЛЯ СИМУЛЯЦІЇ ТКАНИНИ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ. Чехмestрук Р.Ю., Галузінський О.В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	331
РОЗРОБКА МЕХАНІКИ ГЕНЕРАЦІЇ НОВИХ ХОДІВ ДЛЯ МАТЧ-3 ІГОР ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ НА ГРАФАХ. Шаравара В. В. (Український державний університет науки і технологій, Україна)	333
ОПТИМІЗАЦІЯ ХМАРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ІГРОВИХ ПЛАТФОРМ ШЛЯХОМ АДАПТИВНОГО МАСШТАБУВАННЯ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ІГРОВИХ СЕСІЙ ТА ЧЕРГ ЗАПИТІВ. Шевчук В.В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	335
Розділ 5. Дизайн, арт та анімація (дизайн рівнів, саунддизайн, візуал та арт-складова ігор, анімація)	337
METHODOLOGY OF INTELLECTUAL VISUALIZATION OF ENGINEERING DESIGN RESULTS USING GENERATIVE AI. Panchenko N.V., Sotnik S.V. (Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine)	337
РОЛЬ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР ТА МУЛЬТИМЕДІА У РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ КОМУНІКАЦІЇ. Бурдакіна Ю.А., Слітюк О.О. (Київський національний університет технологій та дизайну, Україна)	340
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ДИЗАЙНУ СТИЛІЗОВАНОГО ІГРОВОГО 3D-СЕРЕДОВИЩА. Волнянська В. П., Слітюк О. О. (Київський національний університет технологій та дизайну, Україна)	341
ОСНОВИ ДИЗАЙНУ РІВНІВ У СУЧАСНИХ ІГРАХ. Гончарук Д.О., Заїченко Ю.П. (Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна)	344

ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ ПЕРСОНАЖІВ: ВІД ЕСТЕТИЧНОГО ОНОВЛЕННЯ ДО КУЛЬТУРНОЇ РЕПРЕЗЕНТАЦІЇ. Драло А.С., Слітюк О.О. (Київський національний університет технологій та дизайну, Україна)	345
ПОЄДНАННЯ ВІЗУАЛЬНОГО МИСТЕЦТВА ТА НАРАТИВУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ОБРАЗУ ПЕРСОНАЖА НА ПРИКЛАДІ МАЛЬОПИСУ «ХРОНІКИ НЕ ГЕРОЯ». Єременко С. І., Димова А. П. (Запорізький національний університет, Україна)	347
ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ПРУЖИННОЇ ПІДВІСКИ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕДУРНОЇ АНІМАЦІЇ У 2D-ІГРАХ. В. А. Іванчук, О. В. Романюк (Вінницький національний технічний університет, Україна)	349
ГЕЙМІФІКАЦІЯ UI/UX-ДИЗАЙНУ: ІНТЕРАКТИВНИЙ КОНСТРУКТОР ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАЛУЧЕННЯ КЛІЄНТІВ У ВЕБ ІНТЕРФЕЙСИ ФЛОРИСТИЧНОЇ СТУДІЇ. Кочин А. (Національний університет «Київський авіаційний інститут», Україна)	351
ЕВОЛЮЦІЯ МЕТОДІВ ПОДОЛАННЯ ЕФЕКТУ «ЗЛОВІСНОЇ ДОЛИНИ» В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ЧЕРЕЗ СИМУЛЯЦІЮ МІКРОВИРАЗІВ ОБЛИЧЧЯ. Кравченко А. С., Ткаченко О. М. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	352
ВІЗУАЛІЗАЦІЯ БІОПОТЕНЦІАЛІВ МЕМБРАНИ КЛІТИНИ: НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ТЕЗИ (ДИЗАЙН-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД). Кривченко А.А., Кривченко Ю.В. (Відокремлений структурний підрозділ «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету», Україна)	354
АНІМАЦІЯ З SPINE ТА RIXUS ДЛЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ІГОР. Легеза І. С., Цимбалюк Т. М. (Національний університет «Львівська політехніка», Україна)	356
РОЗРОБКА АНІМАЦІЇ ТАКТИЧНОГО ШУТЕРА НА ОСНОВІ UNREAL ENGINE 5. Лукашук Г. О., Маслюков І. С. (Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна)	359
ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДИЗАЙН РІВНІВ 2D-ГРИ ЗА МОТИВАМИ «БОЖЕСТВЕННОЇ КОМЕДІЇ» ДАНТЕ АЛІГ'ЄРІ. МЕШКО В.В., СЕНИК І.В. (ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ», УКРАЇНА)	362
ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ КВАНТУВАННЯ ПРИ ГЕНЕРАЦІЇ КОНТЕНТУ МОДЕЛЯМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. Михалевський Д. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	363
МУЛЬТИМЕДІЙНІ ТА ВІЗУАЛ ІННОВАЦІЇ НА ОСНОВІ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ІШІ. Ніжегородцев В.О. (Державний податковий університет, Україна)	365
ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ: ПРОБЛЕМА СУЧАСНИХ ІГОР. Панченко А. В. (Фаховий коледж Класичного приватного університету, Україна)	367
ДИЗАЙН ФІРМОВОГО СТИЛЮ ДЛЯ БРЕНДУ СІМЕЙНОЇ МЕДИЦИНИ «DELTA CLINIC»: ФОРМУВАННЯ ВПІЗНАВАНОГО ОБРАЗУ У СФЕРІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я. Панченко А. В. (Фаховий коледж Класичного приватного університету, Україна)	368
МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ТА ГЕОМЕТРІЇ РІВНІВ У ПРОЦЕДУРНІЙ ГЕНЕРАЦІЇ ЛАБІРИНТІВ. Платонов В. В., Платонова Є. В. (Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Україна)	369
КОЛІРНА ПАЛІТРА ЯК ІНСТРУМЕНТ НЕВЕРБАЛЬНОГО НАРАТИВУ. Сиргій П.А., Жуковецька С.Л. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	370
ПРОЦЕДУРНА ГЕНЕРАЦІЯ ЛАНДШАФТУ ДЛЯ 3D-ГРИ ЖАНРУ ВИЖИВАННЯ ЗАСОБАМИ GAEA ТА UNREAL ENGINE 5. Ступка А. В. (Національний університет водного господарства та природокористування, Україна)	372
ДИЗАЙН ВЛАСНОГО ІГРОВОГО СВІТУ З УКРАЇНСЬКОЮ МІФОЛОГІЄЮ ДЛЯ УНІКАЛЬНОГО ДОСВІДУ КОРИСТУВАЧА. Теренда М. В., Гриниха С. Б., Копчук А. В. (Національний університет «Львівська Політехніка», Україна)	373
СЕРЕДНЬОВІЧНІ ІЛЮСТРАЦІЇ ЯК ОСНОВА ВІЗУАЛЬНОГО СТИЛЮ ВІДЕОІГОР: «PENTIMENT», «INKULINATI», «SCRIPTORIUM: MASTER OF MANUSCRIPTS», «SCRIBED CASTLE». Хайло А. С. (Київський національний університет ім. Т.	376

Шевченка, Україна)	
ГІБРИДИЗАЦІЯ АРХЕТИПІВ ЖІНОЧОГО У КОНТЕКСТІ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ. Чемерис Г. Ю. (Запорізький національний університет, Україна; Регенсбургський університет, Німеччина)	379
ПРИНЦИПИ ДИЗАЙНУ ІГРОВИХ РІВНІВ У СУЧАСНИХ ВІДЕОІГРАХ. Юревич І. О., Каштан С. С. (Національний університет водного господарства та природокористування, Україна)	381
Розділ 6. Штучний інтелект і машинне навчання в ігрових системах (ігровий штучний інтелект, процедурна генерація контенту, адаптивна складність ігор, AI як ігровий наративний інструмент)	384
APPLICATION OF CHATBOTS IN PRIMARY PSYCHOLOGICAL DIAGNOSTICS: POSSIBILITIES AND LIMITATIONS. Dziumentko H.D., Terenchuk A.T. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	384
USE OF IMAGE RECOGNITION FOR ANIMAL IDENTIFICATION IN WEB SYSTEMS. Karpenko O.V., Terenchuk A.T. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	386
AI TOOLS AS A MEANS OF DEVELOPING ANALYTICAL SKILLS IN STUDENTS MAJORING IN «PUBLIC COMMUNICATIONS». H. Kuchakovska (Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University, Ukraine)	387
ARCHITECTURE OF AN LLM-ASSISTED GAME LOCALIZATION PIPELINE WITH CONTEXTUAL RAG AND BATCH PROCESSING. Matvieiev A.O., Matvieiev M.O. (National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Pryazovskyi State Technical University, Ukraine)	389
ANALYTICAL TOOLS FOR MONITORING HUMANITARIAN AID FLOWS IN CRISIS SITUATIONS. Miletskiy M.V., Terenchuk A.T. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	392
METHODS FOR REDUCING FALSE ALARMS IN AUTOMATED TERRITORY PROTECTION SYSTEMS. Shevchuk A.O., Romanyuk O.N. (Vinnytsia National Technical University, Ukraine)	393
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА МАШИННЕ НАВЧАННЯ В ІГРОВИХ СИСТЕМАХ, ВІД АДАПТИВНОГО ГЕЙМПЛЕЮ ДО ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ СВІТІВ. Болтач С. В., Єнгалічева А.С. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	395
МУЛЬТИМОДАЛЬНІ АРХІТЕКТУРИ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО КОНТЕКСТУ В ІГРОВИХ СИСТЕМАХ. Болтач С.В., Жук Є.М. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	396
ВПРОВАДЖЕННЯ АГЕНТНИХ ІШІ-АРХІТЕКТУР ДЛЯ СТВОРЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ІГРОВОГО НАРАТИВУ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ. Болтач С.В., Цищук М.О. (Одеський національний технологічний університет, Україна)	397
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ ПОВЕДІНКИ NPC НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО DEEP Q-NETWORK У ДИНАМІЧНИХ ІГРОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ. Бондаренко З. В., Бондаренко Д. С. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	399
МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МУЛЬТИПЛЕЄРНИХ ОСВІТНІХ ІГРАХ ДЛЯ РОЗВИТКУ КОМАНДНОЇ РОБОТИ. Воропай В. В. (Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка, Україна)	401
AI-ІНСТРУМЕНТИ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕКСТУР ТА МАТЕРІАЛІВ У BLENDER ДЛЯ ІГРОВОГО КОНТЕНТУ: МОЖЛИВОСТІ ТА ОБМЕЖЕННЯ. Гайдамаченко Т. М. (Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Україна)	403
МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛОГІЧНОЇ ЦІЛІСНОСТІ ІГРОВОГО СВІТУ ЗА ДОПОМОГОЮ LOREBOOK-СИСТЕМ У ГЕНЕРАТИВНИХ НАРАТИВАХ. Євсович А. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	404
ОПТИМІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЙ АВТОНОМНОГО АГЕНТА В ІГРАХ-ГОЛОВОЛОМКАХ ТИПУ BLOCK BLAST НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ТА	406

КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ. Зелез М.А., Вовк Р.Б. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна)	
ІНТЕГРАЦІЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ІНТЕРВЕНЦІЇ В ІГРОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ. Зінін М.Ю., Ізвалов О.В. (Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті, Україна)	408
ІНТЕГРАЦІЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У НАРАТИВНІ СИСТЕМИ ВІДЕОІГОР ДЛЯ ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНИХ СЮЖЕТНИХ АРХІТЕКТУР І ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ІГРОВОГО ДОСВІДУ. Кобус О.С., Бондаренко С.Ю. (Національна академія СБ України, Україна)	410
РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ГОЛОСОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ З NPC В UNREAL ENGINE 5 ЗА ДОПОМОГОЮ CONVAI API. Кривенко О. В., Гузь В. А. (Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», Україна)	413
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ГОСПІТАЛІЗАЦІЇ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ. Кутицький Д. В., Мандрікова Л. В. (Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», Україна)	416
AI-ГЕНЕРАЦІЯ АДАПТИВНИХ МНЕМОНІЧНИХ КАРТОК У ГЕЙМІФІКОВАНИХ СИСТЕМАХ ВИВЧЕННЯ МОВИ Лавська В. В., Погурська М. М., Селіванова К. Г. (Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна)	417
АДАПТИВНА ЛОКАЛІЗАЦІЯ ІГРОВИХ ІНТЕРФЕЙСІВ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ІТЕРАЦІЙНОГО КОРЕГУВАННЯ. Малець І. (Інститут поліграфії та медійних технологій Львівської політехніки, Україна)	419
ВИКОРИСТАННЯ МСР-СЕРВЕРІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ТЕЛЕМЕТРІЇ ВІДЕОІГОР ЗА ДОПОМОГОЮ АГЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. Малініч П. П., Войтко В. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	421
РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО iOS-ЗАСТОСУНКА ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ РЕКОМЕНДАЦІЇ КАВ'ЯРЕНЬ ІЗ СИНХРОНІЗАЦІЄЮ ДАНИХ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ. Марисик Д.М., Кательніков Д.І. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	423
ВИКОРИСТАННЯ ГЕЙМІФІЦІЙОВАНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ РОЗМІТКИ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ (НА ПРИКЛАДІ EVE: ONLINE PROJECT DISCOVERY). Місоченко С. Ю., Селіванова К. Г. (Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна)	425
МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТРУКТУРИ ANDROID-ПРОЄКТІВ У ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНИХ ІГОР. Музичук Д. Р., Войтко В. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	427
ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУР ІГРОВОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІМЕРСИВНИХ NPC-СИСТЕМ У UNREAL ENGINE. Павленко І. В., Соколова Н. О. (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна)	430
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОМАНДНОЇ ЕКОНОМІКИ В COUNTER-STRIKE 2 НА ОСНОВІ ЗАДАЧІ МНОЖИННОГО РЮКЗАКА. Приплюцький О.О., Вовк Р.Б. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна)	432
ІІІ АСИСТЕНТ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ПОВЕДІНКОЮ НЕКЕРОВАНИХ ГРАВЦЕМ ПЕРСОНАЖІВ. Прокопенко Р.О. (Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті, Україна)	434
МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ СЦЕН НА ОСНОВІ ДИСТИЛЯЦІЇ ЗНАНЬ. Прус Б. В., Ракитянська Г. Б. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	435
ВИКОРИСТАННЯ КОГНІТИВНИХ BDI-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПРОАКТИВНИХ ІГРОВИХ AR-ІНТЕРФЕЙСІВ. Пучков В.О. (Національний університет «Одеська юридична академія», Україна)	437
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ	439

НАСТІЛЬНИХ ІГОР НА ОСНОВІ КОГНІТИВНИХ КАРТ. Ракитянська Г. Б., Чернюк С. І. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	
КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕФЕКТІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ANDROID-ДОДАТКУ ПОШУКУ УКРИТТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ GOOGLE MAPS ТА ALERTS.IN.UA. Ракитянська Г. Б., Мисловський А. В. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	442
ІНТЕГРАЦІЯ RAG ТА ПРОМПТ-ІНЖИНІРИНГУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ NPC У СЕРЕДОВИЩІ UNITY. Рябцев Ю.Є., Панченко В.І. (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна)	444
ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТІВ КОРИСТУВАЧА В ІНТЕРАКТИВНИХ ІГРОВИХ СИСТЕМАХ. Сарафінчан С. С., Ткаченко О. М. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	446
PYTHON-ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ГІБРИДНОЇ КОНВЕРТАЦІЇ ТЕКСТОВИХ ЗАПИТІВ У ГРАФІЧНІ ПРИМІТИВИ. Сидорук А. О., Рейда О. М. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	447
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АДАПТИВНОЇ СКЛАДНОСТІ У ВІДЕОІГРАХ. Сокол Д. В. (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна)	450
1. РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ ВЕБСЕРВІС ОСОБИСТОЇ БІБЛОТЕКИ НА ОСНОВІ SPRING AI. Сороколіт В.І., Кательніков Д.І. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	452
СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БЕЗПЛОТНІЙ АВІАЦІЙНІЙ ТЕХНІЦІ. Сохацький А. В., Кузьменко А. І. (Університет митної справи та фінансів, Україна)	453
ТРАНСФОРМАЦІЯ ДІАЛогових СИСТЕМ НЕІГРОВИХ ПЕРСОНАЖІВ НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. Фіглевський О. В., Вовк Р. Б. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна)	457
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ІНТЕГРАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ІГРОВИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ. Цап Д. І., Царева О.С. (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна)	459
ТРИРІВНЕВА МОДЕЛЬ ОРКЕСТРАЦІЇ В ГЕТЕРОГЕННИХ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ. Чмелевський А. М. (Національний університет «Одеська політехніка», Україна)	461
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ API ABUSE НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ. Щерба А. О. (Вінницький національний технічний університет, Україна)	464
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ АДАПТАЦІЇ КОНТЕНТУ В ІГРОВИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ. Юдіна Л.Г., Сімчук А.Ю. (Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна)	465

Розділ 1.

Освіта та наука (гейміфікація в освітніх процесах, серйозні ігри, ігрові методики викладання та тренінгів)

UDC 371.3

GAME JAMS AS EDUCATIONAL TOOLS: INSIGHTS FROM CULTURAL AND SDG-BASED CASE STUDIES

F. LUZ, W. ALMEIDA (filipe.luz@ulusofona.pt, wilson.almeida@ulusofona.pt)
Lusófona University

Game jams have emerged as dynamic environments for experiential and collaborative learning. This paper synthesizes six case studies, from 2024 to 2026, focused in Sustainable Development Goals (SDGs) and cultural game jams, to examine their educational potential. The findings indicate that game jams foster interdisciplinary learning, critical reflection, and participant empowerment through participatory design practices. At the same time, challenges such as superficial thematic engagement and the need for structured facilitation are identified. The paper argues that game jams, when intentionally designed, can function as effective educational interventions that extend beyond technical skill development to promote civic awareness and cultural participation.

I. INTRODUCTION

Game jams (GJs) are time-constrained, collaborative events in which participants design and prototype games around a shared theme [1]. While originally associated with rapid experimentation and creative production, their use in educational contexts has expanded significantly. In higher education and informal learning environments, game jams are increasingly applied to address complex societal issues [2], including sustainability and cultural engagement [3].

Recent studies demonstrate that students in game development programs often lack exposure to broader societal frameworks such as the United Nations SDGs [4]. Game jams provide an opportunity to bridge this gap by embedding such themes into creative practice. Similarly, cultural game jams have been used to engage participants in co-creating games that reflect cultural heritage and societal values, fostering both participation and empowerment [6].

This paper examines the educational dimensions of game jams across these contexts, focusing on three key aspects: experiential learning, participant empowerment, and the role of structured design in achieving pedagogical outcomes.

II. GAME JAMS AS EXPERIENTIAL LEARNING ENVIRONMENTS

Game jams exemplify experiential learning by requiring participants to engage directly in the creation process. Within limited timeframes, participants must ideate, design, and prototype games, integrating technical and creative skills. This aligns with problem-based learning approaches, where knowledge is constructed through active engagement rather than passive instruction. Collaboration is central to this process. Teams are typically composed of individuals with diverse skill sets, enabling peer learning and interdisciplinary exchange. Participants develop not only technical competencies but also soft skills such as communication, teamwork, and adaptability. In SDG-themed jams, students must translate abstract sustainability concepts into interactive systems, reinforcing understanding through application [4].

Game jams promote interdisciplinary thinking by requiring the integration of multiple domains, including design, programming, narrative, and thematic content [5]. In the context of sustainability, participants must engage with environmental, social, and economic dimensions simultaneously.

However, case studies reveal uneven engagement with these themes. Participants often prioritize more familiar or tangible topics, such as environmental issues, while abstract dimensions such as social

equity or institutional partnerships receive less attention [4]. This suggests that while game jams encourage exploration, they do not inherently guarantee depth of understanding.

III. GAME JAMS AND PARTICIPANT EMPOWERMENT

A significant educational outcome of game jams is the promotion of participant agency and Ownership. Unlike traditional instructional models, game jams position learners as creators responsible for decision-making throughout the design process. This fosters a sense of ownership over both the learning experience and its outcomes.

Cultural game jams further extend this dimension by framing participants as contributors to cultural production. Through the co-creation of games, participants engage with cultural heritage and societal values, developing both individual and collective forms of agency [6].

Game jams also function as platforms for civic and cultural learning engagement. By addressing themes such as sustainability or cultural identity, participants are encouraged to reflect on their roles as citizens and creators.

In SDG-focused contexts, participants engage with global challenges and explore how these can be represented through interactive systems. In cultural game jams, participants reinterpret heritage and values, contributing to ongoing cultural dialogues [7]. These processes align with educational goals related to critical thinking, ethical awareness, and active citizenship.

IV. STRUCTURING GAME JAMS FOR EDUCATIONAL IMPACT

Educational game jams increasingly adopt structured approaches such as the Applied Jam Framework [8], which defines phases including problem space, design, development, and follow-on activities [9]. A key insight from the case studies is the centrality of the problem space. Rather than functioning as a simple theme, it establishes learning objectives, constraints, and expected outcomes, shaping the entire educational experience.

In applied contexts, the problem space was defined in the four EPIC-WE game jams (2025-26) through the Quadruple Helix model, integrating academia, industry, public institutions, and participants [3,4]. This multi-stakeholder configuration ensures that the game jam addresses real world challenges, such as sustainability or cultural heritage, increasing both relevance and authenticity. At the same time, it transforms the problem space into a negotiated and situated framework, where different stakeholder priorities influence the design process.

However, this complexity introduces challenges. Participants may struggle to meaningfully integrate abstract or multifaceted themes into game mechanics, often favoring more accessible interpretations. This highlights the need for careful alignment between creative freedom and pedagogical intent [4].



Fig. 1 – Facilitator presenting the theme at REPLAY game jam (Portugal, 2024)

Thus, effective facilitation is essential for enabling participants to engage productively with the defined problem space. Structured support, such as preparatory workshops, thematic briefings, and continuous feedback, helps participants translate conceptual knowledge into playable systems [4], [6]. Facilitation extends beyond academic guidance to include contributions from external stakeholders, such as cultural experts or industry professionals. This enriches the learning environment by introducing diverse perspectives and real-world constraints.

Nevertheless, achieving the right balance between guidance and autonomy remains critical. Excessive structure may limit creativity, while insufficient support can lead to superficial or misaligned outcomes. Consequently, facilitation plays a mediating role, ensuring that participants maintain creative agency while producing designs that meaningfully reflect the intended educational themes.

V. CHALLENGES AND LIMITATIONS

Despite their educational potential, game jams present several inherent limitations. First, superficial engagement remains a concern, as the constrained timeframe often restricts deeper exploration of complex themes such as sustainability or cultural identity. Participants may therefore rely on simplified interpretations rather than critically engaging with underlying issues.

Second, the tension between creative freedom and structured guidance poses a persistent challenge. While openness is essential to foster innovation and motivation, insufficient scaffolding can lead to misalignment between game mechanics and intended learning outcomes. Conversely, excessive structure may constrain creativity and reduce participant agency.

Finally, limited continuity beyond the event reduces long-term educational impact. Although frameworks emphasize post-jam reflection and follow-on development, these stages are frequently underdeveloped in practice [9]. As a result, opportunities for consolidation of learning, iteration, and deeper thematic engagement are often missed, highlighting the need for more sustained pedagogical integration.

VI. CONCLUSION

Game jams function as transformative learning environments that integrate creative, social, and cognitive processes. They enable participants to actively construct knowledge while engaging with real-world issues.

However, their success depends on intentional design. Structured support, clear objectives, and opportunities for reflection are essential to maximize educational impact.

Game jams represent a flexible and impactful pedagogical approach that supports interdisciplinary learning, empowerment, and civic engagement. When carefully designed, they extend beyond technical skill development and contribute to broader educational goals.

REFERENCES

1. C. Kaitila, "The Game Jam Survival Guide", Packt Publishing, 2012.
2. H. Wirman et al., "Game Jams and 'Heavy' Topics: Navigating anxiety through game creation," Conference Proceedings of DiGRA 2024 Conference: Playgrounds, 2024.
3. M. Aibara, S. Kawakami & M. Furuichi. "Lessons learned from serious game jams Organized by DiGRA Japan", in Conference Proceedings of DiGRA 2020 Conference: Play Everywhere, 2020.
4. F. Luz, P. M. Fernandes, C. Sousa, W. Almeida, and P. P. Neves, "Operationalizing the United Nations' Sustainable Development Goals: a Game Jam Experience," International Journal of Serious Games, vol. 13, no. 1, pp. 199–221, 2026.
5. Meriläinen, Mikko, et al. "Game Jams for Learning and Teaching: A Review," International Journal of Game-Based Learning (IJGBL) 10, no.2: 54-71.
6. K. Holflod, C. De Gaetano, C. Costa, F. Luz, M. Groen, and R. T. Nørgård, "Game-Making for Cultural Change and Empowered Youth Participation," Journal of Computer Assisted Learning, vol. 42, 2026.
7. W. Almeida, F. Luz, P. Fernandes, and M. Fonseca, "Cultural Game Jam Model: A Quadruple Helix Intervention", in Proc. 18th European Conf. on Games-Based Learning (ECGBL), 2024.
8. J. Reid, P. Smy & I. Donald, "A theoretical framework for game jams in applied contexts", in conference Proceedings of DiGRA 2020 Conference: Play Everywhere. 2020.
9. W. Almeida, F. Luz, I. Nunes, and M. Fonseca, "Óbidos Lagoon Sustainability and Biodiversity – SDG Game Jam Model," in Proc. EDULEARN25 Conference, Palma, Spain, 2025.

A SERIOUS GAME TO TEACH PATIENTS IN THE HOSPITAL ABOUT THE CARE ROBOT ROBODY

HENNING G., PAMMER A., HOSTETTLER R., PIRKER J., PLECHER D.A., EICHHORN C.
(christian.eichhorn@tum.de, Technical University of Munich)

The acceptance of care robots is often limited. This paper presents the Serious Game (SG) "Robody in the Clinic" (RiC), which aims to introduce the care robot Robody and its features in a hospital context. The results of a pilot study with a mixed group of participants indicated that playing RiC has a positive influence on the players' opinion of care robots. The game achieves good player engagement, as indicated by a User Engagement Scale - Short Form (UES-SF) score of 3.82.

Introduction – With an aging society, the number of people needing care because of an illness or old age increases. The gap between the number of available and needed nurses requires exploring alternative solutions to enhance and optimize care. Robots supporting healthcare professionals with their work could be a part of the solution. However, there are numerous ethical and non-ethical concerns associated with their use, leading to limited acceptance. This is often caused by missing knowledge about their purpose and functioning [2].

SGs have been used successfully, including to reduce fear in a medical environment [8]. However, previous SGs related to healthcare robots usually focus on interacting with the robot or utilizing its functionality to display the game's content. The introduction of a care robot has only been researched based on passive observations using different forms of video or direct contact with the robot [3, 5]. Our work follows a new approach and presents the care robot Robody in the SG RiC, showcasing its intended use cases and allowing players to interactively explore its capabilities.

The SG «Robody in the Clinic» – To ensure the game is based on scientifically sound theories, the first four stages of the SERES framework [8] were applied in its development.

SERES Stage 1: Scientific Foundations – To introduce Robody in a hospital scenario, patients, their relatives, and hospital staff are part of the target audience. Patients are of particular interest because of their additional needs that must be considered.

The primary goal of RiC is to increase the acceptance of the care robot in the given scenario by raising awareness and knowledge about it. With the usage of an SG, the secondary goal should be the entertainment and distraction of the players, especially hospitalized patients. To achieve its goal, the SG can demonstrate the robot's functioning in a virtual environment, safely showcasing the use cases.

SERES Stage 2: Design Foundations - A storyline can not only show the workings of Robody in a realistic setting, but also hide the serious intent of the SG, which is important for maintaining the players' motivation [6, 7]. The inclusion of mini-games during the story can further be beneficial to provide additional opportunities for interaction.

Since hospitalized patients are often older and have lower computer literacy, the game should provide additional instructions, larger buttons and font sizes, clear audio, and subtitles [1].

SERES Stage 3: Development - A realistic visual style was chosen for RiC, which is supported by the digital replication of an authentic ward of a physical clinic and a 3D-scanned model of the care robot.

RiC features two scenarios focusing on different use cases of Robody. The first storyline centers around the possibility of remotely visiting relatives using a VR headset. Additionally, it depicts the possibility of hugging the robot and playing non-digital games like Rock-Paper-Scissors (RPS, see Fig. 1, Right). The second scenario covers the support of nurses with their everyday tasks, like delivering food and medicine to patients, and social interactions between patients and the robot.

In the game, players can freely explore the environment, supporting their autonomy [6], following predefined waypoints by selecting the corresponding buttons (see Fig. 1, Left). This allows an easy and direct control [7] even for players without gaming experience. Cutscenes are triggered automatically when reaching the current objective, which is always displayed in the top left corner, providing a clear goal for the player [6, 7].

Mini-games are included in the story to provide more interactivity. The RPS mini-game showcases the robot's human-like fingers and social interactions with it. The labyrinth mini-game demonstrates the

robot's role in supporting the hospital staff. The final mini-game focuses on distracting players with a futuristic medicine machine. A demo video is available on YouTube: shortlink.uk/1ujNr.



Fig. 1 – Screenshots from RiC: (Left) Robody at a waypoint in the hospital environment; (Right) The Rock-Paper-Scissors mini-game.

Pilot Study (SERES Stage 4) – To gather first insights, we conducted a pilot study with a general audience before evaluating the game with a volatile target group of hospital patients.

Study Design and Procedure – A text at the start of the questionnaire explained the procedure and informed participants that their participation was voluntary, and that their data would be stored and processed for evaluation purposes only. The questionnaire contained questions about the participants, care robots, the UES-SF, and the game itself.

Participants for this pilot study were recruited via a public German Discord server featuring a dedicated research and education channel.

Results – A total of 18 players completed the questionnaire. Seven (38.9%) stated to be female, the remaining eleven (61.1%) male. Age ranged from 23 to 65 years old with a mean of 33 (median=26.5, sd=14.9). 15 (83.3%) participants played the game on Windows, three (16.7%) on Android.

Only three (16.7%) participants had already seen a humanlike robot in real life, and no one Robody. Agreement among participants was relatively high regarding that they wanted to see (median=4, mean=4.33, sd=0.59; 1=no agreement, 5=full agreement), interact with (median=4, mean=4.28, sd=0.67), or use (median=4, mean=4.28, sd=0.67) Robody as shown in RiC. The opinions about the use of care robots improved for all presented scenarios of the game (virtual visit: median=4, mean=4.06, sd=0.8; simple care tasks: median=5, mean=3.94, sd=1.0; patient interaction: median=4, mean=3.72, sd=0.8).

RiC achieved a total UES-SF score of 3.82 (median=4, sd=0.8). Sub-category scores were 3.24 (median=3.5, sd=0.9) for Focused Attention (FA), 4.41 (median=5, sd=0.7) for PU, 3.57 (median=4, sd=1.0) for Aesthetic Appeal (AE), and 4.07 (median=4, sd=0.7) for Reward Factor (RW).

All mini-games appealed to the participants (RPS: median=4, mean=3.83, sd=1.2; Labyrinth: median=4, mean=4.06, sd=1.1; MediMaster: median=4, mean=4.11, sd=0.7).

Discussion – In this work, we evaluated RiC with a pilot study of limited size and a generalized target audience. With these first insights, we want to focus on the acceptance of Robody combined with a comparison of UES-SF results.

Acceptance of Robody – The results indicate that most participants would be willing to interact with Robody in the real world. Furthermore, RiC improved the acceptance of care robots in the context presented in the game. The likability value of Robody after playing the SG is on a similar level when compared with prior research using other introduction methods [3]. Overall, it can be concluded that RiC achieved its goal of increasing the acceptance of Robody and care robots in general.

Comparison of the UES-SF results – RiC received slightly better scores for the UES-SF compared to other applications evaluated using this measurement tool. Breeze 2 [4], a gameful breathing training app, e.g., reached a total score of 3.77 (FA=3.22, PU=3.90, AE=4.00, RW=3.97). The provided FA in RiC (3.24) is on a similar level to that of the breathing app, where the users' focus is crucial, and the RW (4.07) scores slightly better. The biggest deficit of RiC can be found in the AE area (3.57), which is likely caused by the game using premade assets from different sources rather than assets specifically created for it. However, the strength of RiC can clearly be found in the PU category (4.41). This indicates that the tutorial screen and other changes made due to early feedback during development improved the game's quality and usability.

Conclusion – Care robots, such as Robody, offer a novel way to improve hospital care not only for patients, but also for nurses. This paper presents the SG RiC and its initial evaluation. Designed to address one of the biggest hurdles for the application of such robots, the understanding and acceptance of the system, it interactively showcases Robody's use cases. Initial results indicate that RiC achieves its goals. In our future work, we want to extend RiC with other technologies like conversational artificial intelligence and Augmented Reality to evaluate their influence on the acceptance of the robot when evaluating it with the intended target audience of hospital patients.

REFERENCES

1. Ana Correia de Barros, Roxanne Leita, and Jorge Ribeiro. 2014. Design and Evaluation of a Mobile User Interface for Older Adults: Navigation, Interaction and Visual Design Recommendations. *Procedia Computer Science* 27 (2014), 369-378.
2. Manfred Hulsken-Giesler and Sabine Daxberger. 2018. Robotik in der Pflege aus pflegewissenschaftlicher Perspektive. In *Pflegeroboter*, Oliver Bendel (Ed.). Springer Fachmedien Wiesbaden, 125-139.
3. Alona Kharchenko, Jurgen Lippl, and Rafael Hostettler. 2023. Embracing Acceptance: Hugging Robodies Improves Robot Acceptance by the General Population. *ICRA 2023* (2023).
4. Yanick Xavier Lukic, Gisbert Wilhelm Teepe, Elgar Fleisch, and Tobias Kowatsch. 2022. Breathing as an Input Modality in a Gameful Breathing Training App (Breeze 2): Development and Evaluation Study. *JMIR serious games* 10, 3 (2022), e39186.
5. Martina Mara, Jan-Philipp Stein, Marc Erich Latoschik, Birgit Lugin, Constanze Schreiner, Rafael Hostettler, and Markus Appel. 2021. User Responses to a Humanoid Robot Observed in Real Life, Virtual Reality, 3D and 2D. *Frontiers in psychology* 12 (2021), 633178.
6. Richard M. Ryan and Edward L. Deci. 2017. *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development and Wellness*. The Guilford Press, New York and London.
7. Penelope Sweetser and Peta Wyeth. 2005. GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games. *Computers in Entertainment* 3, 3 (2005), 3.
8. Sarah Verschuere, Connor Buffel, and Geert Vander Stichele. 2019. Developing Theory- Driven, Evidence-Based Serious Games for Health: Framework Based on Research Community Insights. *JMIR serious games* 7, 2 (2019), e11565.

UDC 378

DIGITAL GAMIFICATION IN LEGAL EDUCATION: ENHANCING ACADEMIC ENGAGEMENT AND PROFESSIONAL COMPETENCIES

OKSANA KIRIIAK (o.kiriyak@chnu.edu.ua)
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

Abstract. The rapid digitalization of higher education has transformed traditional pedagogical approaches, particularly in professional fields such as legal education. Gamification – defined as the use of game design elements in non-game contexts – has emerged as an innovative method to enhance student engagement, motivation, and learning outcomes. This paper explores the role of digital gamification in legal education, focusing on its impact on academic performance, student participation, and the development of professional competencies. Drawing on contemporary research and practical applications, the study highlights both opportunities and challenges associated with integrating gamified learning into legal curricula. Special attention is given to the role of gamification in fostering language proficiency and supporting international academic collaboration.

The ongoing digital transformation of higher education has significantly challenged traditional pedagogical paradigms, particularly in disciplines such as legal education, which have historically relied on doctrinal and lecture-based approaches. Despite the increasing availability of digital tools, many legal curricula remain insufficiently adapted to the demands of contemporary learners, resulting in decreased student engagement, limited practical skill development, and gaps in professional competencies.

A critical problem lies in the mismatch between conventional teaching methods and the expectations of digitally native students, as well as the growing need for interdisciplinary and interactive learning environments. Moreover, in the context of internationalization, insufficient attention has been paid to the role of language proficiency and communication skills as determinants of academic success and professional integration. In this regard, gamification emerges as a promising yet underutilized pedagogical approach in legal education. However, its implementation raises important questions concerning its effectiveness, methodological design, and capacity to contribute to both academic outcomes and broader competencies, including language development and international collaboration.

Gamification has gained prominence as a pedagogical strategy that enhances engagement through elements such as points, badges, leaderboards, and narrative structures. According to Deterding et al. (2011), gamification involves “the use of game design elements in non-game contexts,” enabling educators to create more dynamic and motivating learning environments. In legal education, where student engagement can be challenged by abstract theoretical content, gamification offers a promising avenue for improving learning outcomes.

The primary objective of this study is to examine the potential of digital gamification as an innovative approach to enhancing academic engagement and professional competencies in legal education. To achieve this objective, the following research tasks are addressed: 1) to analyze the theoretical foundations of gamification in the context of higher education; 2) to identify key mechanisms through which gamification influences student motivation and learning outcomes; 3) to explore practical applications of gamification in legal education; 4) to assess the role of gamified learning environments in supporting language proficiency and international academic integration; 5) to identify the main challenges and limitations associated with the implementation of gamification.

Gamification is theoretically grounded in contemporary motivational frameworks, most notably the Self-Determination Theory, which conceptualizes autonomy, competence, and relatedness as fundamental drivers of intrinsic motivation (Deci & Ryan, 2000). Within this framework, the integration of game design elements into educational environments can be understood as a mechanism for fostering learner autonomy, enhancing perceived competence through structured feedback, and strengthening social interaction, thereby promoting sustained engagement and active participation.

Empirical evidence supports the pedagogical value of this approach. In their systematic review, Juho Hamari, Jonna Koivisto, and Harri Sarsa (2014) demonstrate that gamification generally exerts a positive influence on user engagement and motivational outcomes, while emphasizing that its effectiveness is contingent upon contextual factors and the quality of instructional design. Similarly, Karl M. Kapp (2012) argues that gamified learning environments facilitate deeper cognitive processing by encouraging problem-solving, critical thinking, and the provision of immediate, formative feedback.

In the domain of legal education, these theoretical and empirical insights acquire particular significance. The training of future legal professionals requires not only the acquisition of doctrinal knowledge but also the development of higher-order cognitive skills, including analytical reasoning, structured argumentation, and the capacity to apply abstract legal principles to complex, practice-oriented scenarios. In this context, gamification offers a pedagogically robust framework for aligning learning processes with the competency-based demands of contemporary legal practice.

The integration of gamification into legal education can take various forms, including:

Simulation-based learning (mock trials, negotiation games);

Digital platforms with reward systems;

Scenario-based serious games;

Interactive quizzes and competitions.

Serious games, defined as games designed for educational purposes (Michael & Chen, 2006), are especially valuable in legal training. They allow students to engage with realistic legal scenarios, enhancing experiential learning.

Research by Boyle et al. (2016) demonstrates that digital game-based learning improves knowledge acquisition and retention, particularly when aligned with clear learning objectives. In legal education, this translates into better understanding of legal procedures, case law, and regulatory frameworks.

An important yet often overlooked dimension of gamification in legal education is its impact on language proficiency, particularly in English as a medium of instruction. In increasingly internationalized academic environments, language skills are essential for academic success and professional mobility. Studies indicate that gamified learning environments can enhance language acquisition by providing interactive, low-risk contexts for communication (Reinhardt & Sykes, 2014). In legal education, this is

particularly relevant for students engaging in international programs, moot courts, and cross-border collaborations.

Moreover, digital gamification supports the development of communication competencies necessary for participation in global legal discourse. By integrating language-focused tasks into gamified activities, educators can simultaneously address legal knowledge and linguistic proficiency.

Despite its advantages, the implementation of gamification in legal education presents several challenges:

1. Overemphasis on extrinsic motivation (points, rewards).
2. Lack of digital competence among educators.
3. Resource-intensive design and implementation.
4. Risk of superficial learning if poorly designed.

As noted by Hanus and Fox (2015), poorly implemented gamification can reduce intrinsic motivation and negatively impact academic performance. Therefore, careful instructional design is essential to ensure that gamification supports, rather than replaces, meaningful learning.

The future of legal education lies in the integration of digital tools that enhance both academic and professional competencies. Gamification, combined with artificial intelligence and adaptive learning systems, has the potential to create personalized and immersive educational experiences.

Furthermore, the role of gamification in promoting inclusivity and language equity is likely to expand, particularly in international and multilingual learning environments. As higher education continues to globalize, the ability to engage students through innovative, technology-driven methods will become increasingly important.

Digital gamification represents a significant innovation in legal education, offering new opportunities to enhance student engagement, academic success, and professional skill development. By integrating game-based elements into legal curricula, educators can create more interactive and effective learning environments.

At the same time, the success of gamification depends on thoughtful implementation, alignment with learning objectives, and consideration of broader educational goals, including language proficiency and international collaboration. As legal education continues to evolve, gamification is likely to play a key role in shaping the future of teaching and learning.

REFERENCES

- [1] E. A. Boyle, T. Hainey, T. M. Connolly, G. Gray, J. Earp, M. Ott, T. Lim, M. Ninaus, C. Ribeiro, and J. Pereira, "An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games," *Computers & Education*, vol. 94, pp. 178–192, 2016.
- [2] E. L. Deci and R. M. Ryan, "The 'what' and 'why' of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior," *Psychological Inquiry*, vol. 11, no. 4, pp. 227–268, 2000.
- [3] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From game design elements to gamefulness: Defining gamification," in *Proc. 15th Int. Academic MindTrek Conf.*, 2011, pp. 9–15.
- [4] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, "Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification," in *Proc. 47th Hawaii Int. Conf. System Sciences (HICSS)*, 2014, pp. 3025–3034.
- [5] M. D. Hanus and J. Fox, "Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study," *Computers & Education*, vol. 80, pp. 152–161, 2015.
- [6] K. M. Kapp, *The Gamification of Learning and Instruction*. San Francisco, CA, USA: Pfeiffer, 2012.
- [7] D. Michael and S. Chen, *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. Boston, MA, USA: Thomson Course Technology, 2006.
- [8] J. Reinhardt and J. M. Sykes, "Digital game and play activity in L2 teaching and learning," *Language Learning & Technology*, vol. 18, no. 2, pp. 2–8, 2014.

SETTING TRANSFORMATION IN GACHA GAMES AS A STRATEGY TO ENGAGE PEOPLE

MELNYK K. V. (karina.v.melnyk@gmail.com)

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Ukraine)

SAZHINA A. V. (alinasazhina08@gmail.com)

Ukrainian State Flight Academy (Ukraine)

This research shows how setting transformation has emerged as a key strategy for engaging players within the Gacha game genre, a market characterized by intense competition where older titles rarely disappear but rather recede into the background. The analysis argues that the genre's fundamental resilience stems from two interconnected factors: its structural similarity to casino gambling and its character economy, which transforms players' emotional attachments into sustainable monetization.

Introduction. Gacha games compete intensely for market leadership, yet older titles rarely die completely – they simply move to the background. This phenomenon across all gacha games the industry. Genshin Impact (miHoYo, 2020), despite being released over four years ago, continues to generate substantial revenue, though its monthly earnings are under pressure. In July 2024, following the launch of Zenless Zone Zero, Genshin Impact's monthly revenue declined from approximately 67.5 million US dollars to 36.3 million US dollars, while Honkai: Star Rail fell from 95.5 million US dollars to 35.5 million [1]. Leapfrogging in Gacha market demonstrates that even a single developer's titles compete for the same pool of players. Some of these titles are already nearing the end of their lifecycle, as the average lifespan of a Gacha game is typically 3 to 5 years [3]. Most maintain active player bases and regular content updates. The resilience of older Gacha games stems from several structural factors. First, the sunk cost effect – players who have invested significant time and money into a title are reluctant to abandon it entirely. Second, the continuous release of new characters and events provides ongoing reasons to return. Third, the emotional bonds players form with their collected characters create a persistent attachment that transcends novelty. Players' emotional investments in characters become a form of value-creating labor for the industry, meaning that players themselves generate the affective capital that sustains long-term engagement.

The aim of the article is to analyze the mechanisms of setting transformation in Gacha games and to determine how these changes serve as a strategic tool for increasing player engagement and long-term audience retention.

Presentation of the main material. The structural stability of the Gacha market can be analyzed via two distinct frameworks: its gambling-inspired structure and character-focused design. Regarding psychological mechanisms, Gacha mechanics deliberately exploit the same dopamine-driven reward pathways as casino slot machines. Gacha mechanics tap into the dopamine responses in players' brains, reinforcing the urge to keep playing to capture that next "high chance" of obtaining a desired item. Limited-time events and exclusive rewards further leverage the "fear of missing out" (FOMO) to push players into spending more time and money [3]. Every pull offers a tiny chance of a desired result, encouraging actions that keep players interested and frequently investing money. The uncertainty of winning creates excitement, and obtaining rare items or characters can feel like a major accomplishment – yet this reward system is inherently addictive. The "cruel optimism" framework illuminates why players remain attached despite repeated disappointment. Players develop optimistic attachments to the game and its characters – the hope that collecting the next character will bring happiness – yet Gacha mechanics are specifically designed to block players from ever feeling truly satisfied. This paradox creates a cycle of desire, anticipation, and occasional reward that sustains engagement even when players consciously recognize the exploitative nature of the system.

Beyond gambling mechanics, Gacha games are sustained by the "character economy" – a system where collectible characters function both as gameplay assets and as objects of emotional attachment and commodified desire. Unlike traditional digital games that prioritize skill-based progression or fixed narratives, Gacha games centre play around acquiring beloved characters and then their upgrade. Gacha titles leverage character-driven engagement, where customization options like skins provided by devs create a false yet powerful sense of control and long-term player investment. Yet access to these characters is constrained by chance-based monetization, making character acquisition both uncertain and

financially driven. The role of character design cannot be overstated. Empirical research surveying 36 Indonesian university students who actively play Gacha games found that the primary factor driving excitement in Gacha pulls was the "chance to win in-game items (skin, characters, collections, etc.)", with 19 out of 36 respondents citing this reason. Furthermore, 54% of respondents reported experiencing "intense or extreme feelings of happiness, luckiness, or joy" upon winning desired prizes, while an additional 32% reported feeling "happy, fun, excited, satisfied, or lucky." These findings empirically confirm that character acquisition and the emotional payoff of success are central to player retention. Notably, character design has evolved significantly over time. Early ACG Gacha games leaned heavily on fan service – overtly sexualized character designs intended to cater to predominantly male otaku tastes [2]. Titles like *Azur Lane* (2017) and *Girls' Frontline* (2016) featured anthropomorphized warships or firearms depicted as alluring anime girls. However, this approach carried drawbacks: it marked games as niche interests and drew scrutiny from Chinese authorities. The 2019 release of *Arknights* made a significant divergence, featuring a balanced roster of male and female characters and deliberately avoiding hyper-sexualized aesthetics. Its success demonstrated that a Gacha game could achieve mainstream appeal without indulging in traditional fan-service formulas.

Today's Gacha game market is characterized by aggressive marketing and changing settings. Developers recognize that while the core Gacha mechanics remain constant, setting innovation offers a critical competitive advantage. HoYoverse (formerly miHoYo) has systematically demonstrated how the same stylistic formula can succeed across multiple settings. *Genshin Impact* (2020) adopted high fantasy with medieval European and East Asian influences. *Honkai: Star Rail* (2023) shifted to space-fantasy with turn-based combat. *Zenless Zone Zero* (July 2024) introduced an urban contemporary aesthetic inspired by street culture, vibrant colours, and fast-paced combat. Each title retains the core anime-inspired visual DNA while differentiating itself through setting, thereby capturing distinct audience segments without alienating the existing player base. Following *Genshin Impact*'s success, competitors rapidly diversified their settings. *Tower of Fantasy* (2022) adopted a futuristic sci-fi aesthetic, though it ultimately failed to meet player expectations due to narrative and progression issues. *Wuthering Waves* (Kuro Games, 2024) embraced a post-apocalyptic setting and achieved greater success, generating significant revenue through competent execution. Even franchises that predated *Genshin Impact*, such as *Arknights* (Hypergryph, 2019), responded by announcing sequels like *Arknights: Endfield*, which adopts a 3D real-time combat system with an expanded industrial sci-fi setting. Perhaps the most striking trend is the willingness to embrace unconventional premises. Last popular Gacha game was *Umamusume: Pretty Derby* (Cygames) quickly became popularized because of global release, not just staying in Japanese servers. Game features anthropomorphized horse-girls based on real racehorses competing in races. Despite its seemingly absurd concept, the game has achieved significant commercial success in Japan, demonstrating that character design excellence can overcome even the most unconventional settings. Players' primary motivation remains the chance to collect appealing characters regardless of the narrative framework. The global Gacha games market, valued at approximately 2.27 billion US dollars in 2024, keeping trajectory to grow to 9.15 billion US dollars by 2031 [1], representing a compound annual growth rate of 13.8%. This growth will likely be driven by continued settings innovation, expanding into genres such as open-world survival, tactical shooters, and even metaverse-style social spaces – all while retaining the core Gacha monetization engine, character design quality, and psychological reward mechanisms.

Conclusion. Study demonstrates that shifting settings as gameplay and world-building is a survival strategy in the saturated Gacha market. The genre remains "bulletproof" due to two factors: a gambling-like structure driven by dopamine and a character economy that monetizes emotional bonds. Empirical evidence confirms that the primary driver is the thrill of acquiring characters, where successful pulls reinforce long-term engagement. While success now depends on setting differentiation (from fantasy to post-apocalyptic), the underlying mechanics of randomized rewards and psychological hooks sustain the genre regardless of the visual wrapper.

REFERENCES

- [1] J. Byers, "Genshin Impact makes \$2B in first year," *Front Office Sports*, Oct. 4, 2021. URL: <https://www.kr-asia.com/mihoyos-hit-title-genshin-impact-on-track-to-gross-rmb-1-billion-despite-mixed-reviews> (Cited in S. Zhu, "Cruel Optimism and Precarious Intimacies," *Acta Ludologica*, vol. 8, no. 2, pp. 126-141, 2025).
- [2] S. A. Wicaksono *et al.*, "How Gacha Games Developers Make Players Spend more Money: Insights from Indonesian University Students," in *Proc. 12th Industrial Research Workshop and National*

Seminar (IRWNS), 2024, pp. 1273-1278. URL: <https://proceeding.unesa.ac.id/index.php/iconbit/article/view/4039>

[3] S. Zhu, "Cruel Optimism and Precarious Intimacies: Player Activism, Fan Service, and the Character Economy in Chinese Gacha Games," *Acta Ludologica*, vol. 8, no. 2, pp. 126-141, 2025. URL: <https://actaludologica.com/cruel-optimism-and-precious-intimacies-player-activism-fan-service-and-the-character-economy-in-chinese-gacha-games/>

UDC 378.147:004.8:7.071

GENERATIVE AI IN REFLECTIVE TEACHING PRACTICE OF ART STUDENTS

MYKOLAICHUK V.R.¹, MYKOLAICHUK A.R.²

(viramykolaichuk@knu.ua, antonina.mykolaichuk@naoma.edu.ua),

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv,

²National Academy of Fine Arts and Architecture

The study explores the role of generative artificial intelligence in the reflective teaching practice of art students during their pedagogical placements in children's art schools. The research focuses on the use of AI-assisted self-assessment templates, reflective prompts, and feedback tools designed to support professional reflection and pedagogical communication. The findings demonstrate that generative AI helps students structure reflective observations, analyze classroom interaction, and articulate pedagogical experiences more confidently. The study also highlights the importance of emotional engagement, individualized teaching approaches, and creative flexibility in art education. Particular attention is paid to the integration of AI as a supportive rather than substitutive educational tool. The results suggest that AI-assisted reflection may enhance the development of professional self-awareness and reflective competence in future art educators.

Problem Statement. Reflective practice has long been recognized as one of the core components of teacher education, particularly in creative and arts-based disciplines where emotional engagement, communication, and individual interaction play a central role in the learning process [1]. For pre-service art teachers, pedagogical practice is not limited to lesson delivery; it also involves the development of professional identity, empathy, classroom adaptability, and the ability to critically evaluate one's own teaching experience.

At the same time, reflective self-assessment during teaching practice often remains fragmented and emotionally difficult for students. Many pre-service teachers struggle to articulate pedagogical observations, objectively analyze classroom interactions, or structure reflective conclusions after conducting lessons. Recent studies demonstrate that generative artificial intelligence can support assessment processes, feedback generation, and reflective learning in higher education environments [2], [3], [4]. In art education specifically, AI technologies increasingly function not only as technical tools but also as catalysts for creative exploration and pedagogical transformation [5], [6].

Within this context, the integration of generative AI into reflective teaching practice appears particularly relevant for students of art and restoration programs, whose professional training combines artistic sensitivity with educational communication.

Purpose and Research Objectives. The purpose of this study is to analyze the potential of generative artificial intelligence as a reflective support tool during the pedagogical practice of third-year students majoring in restoration and art education.

To achieve this purpose, the following objectives were addressed: to examine the role of reflective practice in the professional development of art students; to explore the use of generative AI for designing self-assessment templates and reflective prompts; to analyze how AI-assisted feedback may support pedagogical communication and lesson analysis; to identify the benefits and limitations of integrating AI into reflective teaching practice in arts education.

Methods. The study was based on the pedagogical practice experience of third-year students from the Department of Restoration and Techniques of Artworks in the National Academy of Fine Arts and Architecture who completed their teaching placements in children's art schools in Kyiv. The practice included classroom observation, teaching assistance, independent lesson delivery, educational events, and

reflective reporting. Chat GPT was used to analyze anonymized student reports and presentations, as well as to structure data tables and refine the paper's linguistic style.

Main Findings and Discussion. The pedagogical activities described in the reports demonstrate that reflective teaching in art education is deeply connected to emotional responsiveness, individualized communication, and creative flexibility. During classroom observations, students emphasized the importance of maintaining children's attention, supporting their confidence, and creating a positive emotional atmosphere during artistic activities. One student reflected that younger learners required continuous encouragement and emotionally supportive interaction in order to remain engaged in the creative process.

The teaching practice included independently conducted lessons such as “Drawing Animal Emotions: Expressing Mood Through Facial Features and Pose” and “Drawing Birds: Simplified Anatomy and Form Construction,” where students combined artistic instruction with emotional and creative development. In another practice setting, students organized exhibition-oriented educational activities and career guidance events related to restoration education and cultural heritage preservation.

Generative AI tools were introduced primarily as reflective and organizational assistants rather than replacements for pedagogical decision-making. AI-supported templates helped students structure self-assessment reports, formulate reflective observations, generate lesson evaluation questions, and organize pedagogical feedback more coherently. The use of AI-assisted prompts encouraged students to move beyond descriptive summaries toward deeper analytical reflection about classroom interaction, student engagement, and their own teaching strategies.

The findings align with current research suggesting that generative AI may enhance assessment and reflective learning processes by increasing personalization, accessibility, and feedback quality [2], [3]. Furthermore, recent studies in teacher education emphasize that reflective practice should be understood as a dynamic and relational process rather than a purely formal academic exercise [4].

Table 1

Examples of AI-Assisted Reflective Practices During Teaching Placement

Teaching Practice Activity	Reflective Challenge	AI-Assisted Support
Classroom observation	Structuring pedagogical observations	Reflection prompts and observation templates
Teaching assistance	Identifying communication strategies	AI-generated self-analysis questions
Independent lesson delivery	Evaluating emotional engagement and lesson effectiveness	Personalized feedback frameworks
Educational events	Organizing reflective conclusions	Structured reflective summaries
Career guidance activities	Connecting teaching experience with professional identity	Guided reflection prompts

In this regard, AI technologies can serve as supportive mediators that help pre-service teachers verbalize experiences that are often emotionally complex and difficult to structure independently. In Table 1 AI-assisted support for the challenges the students encounter is demonstrated.

Table 2

Example of AI-Assisted Reflective Questions

Reflective Area	Example Prompt
Emotional engagement	How did students emotionally respond to the creative task?
Classroom communication	Which communication strategies helped maintain students' attention and motivation?
Creative instruction	How did you encourage students' imagination and individuality during the lesson?
Difficulties encountered	What challenges emerged during the activity and how did you respond to them?
Professional growth	What teaching skill would you like to improve after this lesson?

At the same time, the study revealed that the effectiveness of AI-supported reflection depends significantly on students' digital literacy and their ability to critically interpret AI-generated suggestions.

The reflective process remained most meaningful when AI-generated structures were combined with authentic personal observations and emotionally grounded teaching experiences.

As part of the pedagogical practice, generative AI was also used to support the creation of structured reflective self-assessment templates (see Table 2). The prompts were designed to

encourage students to move beyond formal lesson description and focus on emotional interaction, classroom communication, and professional self-awareness.

The use of AI-generated reflective prompts encouraged more detailed and emotionally aware responses from students. Instead of simply describing classroom events, students increasingly focused on interpersonal interaction, empathy, confidence-building, and the development of creative dialogue with children. The template also helped students organize reflective writing more coherently and reduced anxiety associated with self-assessment tasks.

The analyzed materials also revealed that reflective writing became more detailed and emotionally aware when students worked with structured AI-supported templates. Final reflections frequently included observations about confidence-building, communication with children, empathy, and understanding individual learning needs.

Importantly, the integration of AI into reflective practice did not diminish the human-centered nature of art education. On the contrary, it often created additional space for self-expression, emotional articulation, and pedagogical awareness.

Conclusions. The study confirms that generative artificial intelligence can function as an effective supportive tool in the reflective teaching practice of art students. AI-assisted self-assessment contributes to more structured reflection, improves the organization of pedagogical observations, and supports students in articulating professional insights more confidently and thoughtfully.

The findings also suggest that generative AI is particularly valuable in arts education because it helps bridge emotional, creative, and analytical dimensions of teacher preparation. Rather than replacing reflective thinking, AI technologies may strengthen students' ability to process teaching experiences, recognize communication patterns, and develop professional self-awareness.

At the same time, the successful implementation of AI-supported reflective practice requires balanced pedagogical integration, ethical awareness, and sufficient digital competence. Future research may focus on the development of interactive and gamified reflective environments for art teacher education using generative AI technologies.

REFERENCES

- [1] C. DeLuca, J. Willis, K. Dorji, and A. Sherman, "Cultivating reflective teachers: Challenging power and promoting pedagogy of self-assessment in Australian, Bhutanese, and Canadian teacher education programs," *Power and Education*, vol. 15, no. 1, pp. 5–22, Jul. 2022, doi: 10.1177/17577438221108240.
- [2] A. D. Damiano, E. J. M. Lauría, C. Sarmiento, and N. Zhao, "Early perceptions of teaching and learning using Generative AI in Higher education," *Journal of Educational Technology Systems*, vol. 52, no. 3, pp. 346–375, Feb. 2024, doi: 10.1177/00472395241233290.
- [3] Q. Xia, X. Weng, F. Ouyang, T. J. Lin, and T. K. F. Chiu, "A scoping review on how generative artificial intelligence transforms assessment in higher education," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 21, no. 1, May 2024, doi: 10.1186/s41239-024-00468-z.
- [4] C. Oates and J. P. Mynott, "More-than-human centred reflection: Addressing the fiction of reflective practice in teacher education," *Research in Education*, Jan. 2025, doi: 10.1177/00345237251317373.
- [5] A. Ansone, Z. Zālīte-Supe, and L. Daniela, "Generative Artificial intelligence as a catalyst for change in higher education art study programs," *Computers*, vol. 14, no. 4, p. 154, Apr. 2025, doi: 10.3390/computers14040154.
- [6] Y. Hiçyılmaz, "An innovative approach in arts education: student experiences of abstract art practices supported by generative artificial intelligence," *SAGE Open*, vol. 15, no. 3, Jul. 2025, doi: 10.1177/21582440251382812.

GAMIFICATION AND INTERACTIVE LEARNING IN MILITARY TRANSLATION TRAINING

SKYBA O. (oksano4ka.plus@meta.ua)

Kyiv Institute of the National Guard of Ukraine

Abstract. Military translation is a high-stakes specialisation requiring precise command of domain-specific terminology, register awareness, and the ability to perform under cognitive pressure. Traditional instructional approaches, reliant on static terminology lists and decontextualized translation exercises, have demonstrated limited effectiveness in preparing practitioners for the dynamic demands of real operational environments. This paper examines the potential of gamification and interactive learning technologies as transformative methodologies in military translation training. Drawing on research in game-based language learning, serious games for defence education, and gamified translator training, the study argues that the deliberate integration of game design elements – scenario-based challenges, adaptive feedback, points, and leader boards – into translation pedagogy can significantly enhance motivation, terminological retention, and situational decision-making. The paper formulates a set of didactic tasks oriented toward a practical framework for gamified military translation instruction and concludes that such an approach can bridge the gap between classroom acquisition and operational readiness.

Problem Statement. Military translation occupies a unique position within the broader field of specialised translation. Practitioners must not only command the terminological systems of military doctrine, tactical communications, and international defence cooperation, but must also demonstrate reliability under conditions that closely approximate operational stress. The problem that contemporary military translator training faces is structural: curricula designed around passive text-based exercises and decontextualized glossary memorisation fail to replicate the cognitive and communicative conditions under which real military translation occurs.

This gap is compounded by the rapid evolution of military discourse itself. NATO standardisation agreements, multinational joint operations, and the proliferation of asymmetric warfare scenarios continuously generate new terminology, new genres, and new pragmatic demands. A translator trained exclusively through static methods lacks the adaptive competence needed to navigate this changing landscape. At the same time, research in educational technology has demonstrated that learners exposed to gamified environments show measurably higher engagement, greater intrinsic motivation, and improved retention of complex domain-specific knowledge [1]. The question then becomes not whether gamification has general educational value, but whether it can be purposefully designed to address the specific challenges of military translation instruction.

Task Statement. The present study sets out to accomplish four interconnected tasks. The first is to establish the theoretical basis for applying gamification principles to military translation training by reviewing relevant literature in game-based language learning and serious game design for defence contexts. The second is to identify the core competencies that military translation training must develop and examine how game design elements can be mapped onto those competencies. The third is to propose a set of practical interactive learning formats – including scenario-based translation simulations, terminology acquisition games, and collaborative mission-briefing exercises – that can be implemented within existing military language programmes. The fourth is to outline the conditions under which such formats are most likely to produce durable learning outcomes, with particular attention to feedback design, difficulty scaling, and assessment integration.

Outline of the Main Material. The conceptual framework for the present discussion rests on the foundational definition offered by Deterding et al. [2], who characterise gamification as the use of game design elements in non-game contexts. This definition is significant because it distinguishes gamification from the design of fully-fledged serious games: rather than constructing a complete game environment, gamification selectively imports mechanics – points, progress bars, narrative missions, competitive leaderboards – into existing instructional structures. For language learning, this selective importation has been studied extensively, and the evidence consistently supports its positive effects on motivation and

engagement. Alcaide-Martínez and Taillefer [3], working specifically with students of translation and interpreting at the University of Málaga, found that gamification enabled learners to be more motivated and participatory in classroom settings and produced measurable improvements in language skill acquisition.

The military sector has a considerably longer history of game-based training than most civilian educational contexts. From the nineteenth-century Kriegspiel war games used by Prussian officers to contemporary virtual simulation environments, games have served as a recognised instrument of military competence development. Modern serious games for defence applications extend this tradition into digital domains: environments such as Virtual Battlespace allow scenario-customisation at the unit and mission level, while research programmes at the U.S. Army Research Laboratory have demonstrated that gamified simulation-based training can improve performance, though the magnitude of the effect varies with individual motivational orientations [4]. Samčović [5], reviewing serious games in military applications, identifies their key pedagogical advantage as the provision of a controlled environment in which learners may test responses, make errors, and receive immediate corrective feedback without operational consequences. This principle is directly transferable to translation training, where the cost of terminological or pragmatic error in a real operational brief may be severe.

Military translation training must develop at minimum three categories of competence: terminological precision across tactical, strategic, and administrative registers; discourse-level genre awareness covering formats such as operational orders, situation reports, and intelligence summaries; and cognitive resilience under conditions of time pressure and informational ambiguity. Each of these competencies maps naturally onto established game design elements.

Terminological precision is well served by spaced-repetition mechanics embedded within competitive formats. Duolingo's research base, reviewed by Shortt et al. [6], demonstrates that gamified vocabulary acquisition through mobile-assisted platforms sustains engagement and produces genuine lexical gains, particularly when adaptive challenge levels are maintained. For military contexts, terminology quests could present learners with progressively more operationally complex texts – moving from peacekeeping mandates to CBRN (chemical, biological, radiological, nuclear) incident reports – with points awarded for accuracy and speed, and leaderboards motivating sustained practice.

Genre awareness and discourse competence are better addressed through scenario-based simulation. Drawing on the model of virtual patient systems used in Swedish military medical training, where participants interacted with case scenarios that required sequential decision-making and received structured feedback after each choice, military translation training could deploy analogous systems in which learners receive a simulated mission brief and must produce a target-language document under time constraints, with feedback generated both automatically on terminology and by instructors on register and pragmatic appropriateness. The critical pedagogical feature of such simulations, as demonstrated by the Swedish medic study, is that mistakes followed by structured feedback increase creative problem-solving and adaptive decision-making [7].

Cognitive resilience – the capacity to maintain translation quality under operational stress – is the most challenging competency to address through gamification, yet it is also where game mechanics may prove most distinctive. Research at Army Research Lab-West has shown that gamified feedback systems produce differential performance gains depending on learners' motivational orientation: those motivated primarily by achievement respond more strongly to reward-based mechanics, while prevention-focused learners respond better to accuracy penalties [4]. A well-designed military translation simulation would therefore incorporate both positive scoring and error-cost mechanics, calibrated to individual learner profiles.

Peculiar interactive formats suitable for military translator training can be grouped into three categories. Competitive terminology challenges represent the most straightforward application: teams of trainees compete to translate a set of tactical terms within a fixed time, with points structures that reward both speed and precision, and post-round debriefs that consolidate understanding of terminological variants across NATO and national military doctrines. Collaborative mission simulation exercises place small groups in the role of a joint translation support cell receiving a live mission order and producing coordinated outputs – orders, reports, briefing notes – in the target language, with roles rotating to ensure all learners experience both time-pressure translation and quality-control functions. Finally, adaptive e-learning modules – built on platforms that adjust text complexity in response to learner performance – can

provide the individualised practice volume that classroom instruction alone cannot supply, while maintaining the engagement properties that gamification research consistently associates with improved retention.

The integration of these formats into existing military language curricula requires attention to assessment design. The positive motivational effects of game elements are most durable when they are structurally connected to meaningful learning goals rather than appended as superficial incentives [1]. In a military translation context, this means that leader boards and point scores must be accompanied by competency-referenced feedback, and that simulation performance must connect to assessable standards of professional translation quality.

Conclusion. The analysis indicates that gamification and interactive game-based learning approaches may significantly enhance the effectiveness of military translation training by increasing learner engagement, communicative interaction, and professionally oriented problem-solving. The pedagogical value of such approaches is particularly evident in simulation-based and collaborative activities that reproduce authentic military communication scenarios. However, the effectiveness of gamified methodologies depends on their systematic integration into competency-based training frameworks and their alignment with real professional tasks.

The overarching conclusion is that gamification does not represent a departure from rigorous military translation pedagogy but rather its amplification. When game design elements are purposefully aligned with operational competency frameworks and supported by structured feedback, they offer a pedagogically defensible and practically powerful means of closing the gap between classroom language acquisition and the demands of real military translation work. Further empirical research – particularly longitudinal studies measuring retention and operational transfer – is needed to refine these approaches and to establish which specific game mechanics produce the most robust outcomes for this distinctive professional domain.

REFERENCES

- [1] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, “Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification,” in Proc. 47th Hawaii Int. Conf. System Sciences (HICSS), Waikoloa, HI, USA, Jan. 2014, pp. 3025–3034, DOI:10.1109/HICSS.2014.377.
- [2] S. Deterding, M. Sicart, L. Nacke, K. O’Hara, and D. Dixon, “Gamification: Using game-design elements in non-gaming contexts,” in Proc. CHI EA ’11: CHI ’11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Vancouver, BC, Canada, May 2011, pp. 2425–2428, DOI:10.1145/1979742.1979575.
- [3] M. Alcaide-Martínez and L. Taillefer, “Gamification for English language teaching: A case study in translation and interpreting,” *Lebende Sprachen*, vol. 67, no. 2, pp. 283–310, 2022, DOI:10.1515/les-2022-1015.
- [4] CCDC Army Research Laboratory Public Affairs, “Army publishes new findings to support Soldier training,” 2019. [Online]. Available: <https://www.army.mil/article/221047>. Accessed on: May 10, 2026.
- [5] A. B. Samčović, “Serious games in military applications,” *Vojnotehnički Glasnik / Military Technical Courier*, vol. 66, no. 3, pp. 597–613, 2018. DOI:10.5937/vojtehg66-16367.
- [6] M. Shortt, S. Tilak, I. Kuznetcova, B. Martens, and B. Akinkuolie, “Gamification in mobile-assisted language learning: A systematic review of Duolingo literature from public release of 2012 to early 2020,” 2023. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09588221.2021.1933540#abstract>. Accessed on: May 10, 2026.
- [7] N. Stathakarou, A. A. Kononowicz, E. Mattsson, and K. Karlgren, “Gamification in the design of virtual patients for Swedish military medics to support trauma training: Interaction analysis and semistructured interview study,” 2024. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39436692/>. Accessed on: May 10, 2026.

GAMIFICATION OF OPERATIONAL LEARNING MANAGEMENT: AN ANTHROPOCENTRIC INTERACTION MODEL

SYTNIK O.O., VDOVITCHENKO O.V. (o.sytnik@khai.edu)

National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"

This paper proposes a gamified anthropocentric model for operational timetabling in higher education institutions. Rather than treating scheduling as a constraint-satisfaction exercise performed on behalf of an abstract institutional plan, the model encodes each participant's chronotype, age, and daily health state into the optimization objective and evaluates the result against a measurable compatibility index. Gamification serves not as a motivational veneer but as the primary data-acquisition channel: personalized dashboards award credit to users whose actions improve the biological coherence of the timetable, thereby turning passive schedule consumers into active calibration agents.

Problem statement. University scheduling literature has made impressive progress on the combinatorial side of the timetabling problem while leaving its human side largely unaddressed. What passes today for a "soft constraint" in most scheduling formulations, the preference of a lecturer for a morning slot or the cognitive underperformance of an evening-type student cohort at eight in the morning, is not soft in any physiological sense. It is a hard biological fact that the objective function simply declines to represent [1, 2]. The practical consequence is predictable: schedules that satisfy all formal constraints while ignoring chronobiology produce sub-optimal learning conditions, and the users who suffer those conditions have no structured pathway to signal the problem back to the system [1].

Research objectives. The work reported here does not claim to resolve the scheduling problem; it claims to ask a more useful version of it. Instead of "how do we assign sessions to slots while satisfying institutional constraints," the operative question becomes "how do we build a scheduling environment that learns from its participants and rewards the act of teaching it?" Three concrete sub-objectives follow from this reframing: first, to construct a formal objective function that treats chronotype and health state as primary variables rather than optional annotations; second, to define a gamification mechanism whose reward eligibility is conditioned on a verifiable improvement in schedule quality; and third, to specify a dashboard architecture that makes the relationship between user actions and timetable outcomes legible enough to sustain engagement without requiring users to understand the underlying optimisation.

Anthropocentric scheduling model. The proposed model replaces the conventional objective of minimizing constraint violations with the maximization of aggregate cognitive compatibility $C(T)$, a scalar that accumulates across all scheduled sessions in timetable T . The substitution is consequential: a timetable with zero hard-constraint violations but a low $C(T)$ is, under this framework, a worse timetable than one with a minor room-capacity overage and a high $C(T)$, provided the institution is willing to calibrate the trade-off explicitly [3].

Formally, let $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ be the set of lecturers, $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ the set of student groups, and $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ the set of available time slots. Each lecturer l_i is characterized by a chronotype profile $\alpha(l_i) \in [0, 1]$, where 0 denotes a strongly morning-oriented individual and 1 a strongly evening-oriented one, an age coefficient $\beta(l_i)$, and a daily health modifier $h(l_i, d)$ for day d that expires at midnight and must be renewed. Each student group g_j carries an age-weighted aggregate chronotype $\alpha(g_j)$. The cognitive compatibility of placing sessions $s = (l_i, g_j, c_k)$ into slot t_j on day d is defined as:

$$CC(s, t_j, d) = w_1 \cdot f(\alpha(l_i), t_j) + w_2 \cdot f(\alpha(g_j), t_j) - \lambda \cdot (1 - h(l_i, d)) \quad (1)$$

Here, w_1 and w_2 are institution-specific weighting coefficients for the lecturer and student chronotype contributions, respectively; $f(\cdot, t_j)$ is a bell-shaped preference function that peaks at the individually optimal time of day; and λ is a health sensitivity parameter that controls how strongly a degraded health report shifts the solver away from otherwise preferred slots. Timetable quality is then $C(T) = \sum CC(s, t_j, d)$ across all sessions. The calibration of w_1 , w_2 , and λ from empirical data, rather than from prior assumptions, is a non-trivial requirement that the current model defers to the validation phase.

Gamification architecture. Gamification in this context deserves a skeptical introduction. The literature on gamification in education is extensive, and its conclusions are ambivalent: point systems reliably increase short-term engagement and reliably fail to sustain it unless the rewarded behavior is

intrinsically meaningful to the user [2]. Points accumulate only when a user's action results in a verifiable improvement in $C(T)$ or in the quality of the data the scheduling engine operates on. The gamification layer is, in this sense, a measurement instrument as much as a motivational one.

Student dashboard mechanics. From the student perspective, the dashboard surfaces a live schedule annotated with a point balance and a group-scoped leaderboard. Confirming attendance feeds real occupancy signals back into the group activity model and earns 1 point per session. Acknowledging a schedule-change notification closes the information gap that generates ghost conflicts and earns 0.5 points. Submitting a verified inaccuracy report earns between 5 and 10 points depending on whether the correction propagates a rescheduling event that lifts $C(T)$ by more than two percent.

Lecturer dashboard mechanics. For lecturers, the dashboard functions less as a scoreboard and more as a map, a surface that makes the downstream effects of their constraint choices visible before those choices are committed. Each held constraint is annotated with a projected compatibility impact: the predicted change in $C(T)$ that would result from relaxing or tightening it. When the lecturer acts on that projection and the scheduler accepts the change, the system retrospectively awards points scaled to the realized improvement: $\lceil 100 \cdot \Delta C / C(T) \rceil$, capped at 20 per update, where $\Delta C = C(T') - C(T)$. Submitting a daily health state update on a day when it steers the solver away from a chronobiologically misaligned slot earns additional credit. Changes that reduce $C(T)$ yield zero points but incur no penalty, a design choice intended to preserve the lecturer's willingness to experiment rather than to engineer risk-aversion into the incentive structure.

System architecture and integration. The gamification layer is implemented as event-driven middleware positioned between the LMS and the scheduling engine, subscribing to schedule-change events from the latter and publishing point-award events to the dashboard service. The engine exposes a compatibility-delta endpoint that accepts a candidate constraint change and returns a predicted ΔC before the change is committed, providing the pre-commit feedback that makes the lecturer dashboard useful rather than merely informative [4].

Point scoring model. The reward function is designed around two failure modes that standard gamification implementations typically ignore: score inflation among heavy users and stagnation among occasional ones. A weekly multiplicative decay of 0.95 applied to inactive accounts keeps the leaderboard dynamically competitive without requiring administrative intervention. Student point weights scale with downstream impact rather than with effort, so a correction that moves a session to a different room earns more than one that corrects a typographical error in a session title. Lecturer weights scale exclusively with verified compatibility gain, not with the frequency or apparent effort of constraint updates.

Data model and privacy considerations. Chronotype is collected once per academic term using a validated psychometric instrument embedded in the dashboard onboarding sequence, with voluntary updates permitted at any time. Health state is reported on a four-point ordinal scale, from significantly impaired through reduced capacity and nominal to elevated readiness, with a 24-hour time-to-live that prompts daily renewal without mandating it. Age is sourced from institutional HR and student records; users do not re-enter it. This architecture follows the data minimization principle and is compatible with applicable personal data protection legislation, though compliance with specific national frameworks will require institution-level legal review before deployment [4].

Expected outcomes and applicability. The model makes a deliberately modest architectural demand on the adopting institution: it wraps around the existing timetabling solver, whatever algorithm it uses, without requiring its replacement [5]. The expected primary outcome is not an immediate jump in quality timetable but a progressive accumulation of richer constraint data that allows the solver to produce incrementally better outputs across successive scheduling cycles.

Conclusions. The core argument of this paper is narrow but consequential: scheduling quality is a function of data quality, and data quality in scheduling is a function of user engagement with the scheduling system. A gamification mechanism that rewards engagement only when it produces verifiable improvements in data is, therefore, not a cosmetic addition to the scheduling environment but a structural component of it. Whether the proposed reward calibration is, in practice, sufficient to sustain that engagement beyond the novelty period is a question the current theoretical framework cannot answer, and the forthcoming empirical validation is specifically designed to probe. The authors regard uncertainty not as a limitation to be concealed but as the most scientifically interesting aspect of the work.

REFERENCES

- [1] U. Ubaidah, T. A. Budiono, H. Darmadi, and A. N. Sukmono, "Multi-lens analysis of LMS feature adoption in higher education," *Frontiers in Education*, vol. 10, art. 1711393, 2025. DOI: 10.3389/feduc.2025.1711393
- [2] N. Seidel, "Architecture for gradually AI-teamed adaptation rules in learning management systems," in *Proc. 17th Int. Conf. on Computer Supported Education (CSEDU 2025)*, vol. 1, pp. 243–254, 2025. DOI: 10.5220/0013215800003932
- [3] A. Kuderbayeva, "Hybrid Campuses: Optimization Models of Classroom Occupancy and Timetables Based on Digital Data (LMS, Wi-Fi, Access Control Systems) And Their Relationship with Student Achievement and Well-Being," *The American Journal of Applied Sciences*, vol. 7, no. 10, pp. 104–112, 2025. DOI: 10.37547/tajas/Volume07Issue10-12
- [4] T. A. Kustitskaya, R. V. Esin, A. A. Kytmanov, and T. V. Zykova, "Designing an Education Database in a Higher Education Institution for the Data-Driven Management of the Educational Process," *Education Sciences*, vol. 13, no. 9, p. 947, 2023. DOI: 10.3390/educsci13090947
- [5] H. M. Alakaş, M. Pınarbaşı, B. Sarı Mehmet, and T. Eren, "Course time scheduling problem for distance education considering server load balancing: A case of an engineering faculty," *Neural Computing and Applications*, vol. 37, no. 7, pp. 5635–5653, 2025. DOI: 10.1007/s00521-024-10941-5

UDC 004.42:37.091.3

SCRATCH.MIT.EDU AS A TOOL FOR DEVELOPING ALGORITHMIC CULTURE THROUGH THE EXAMPLE OF AN EDUCATIONAL GAME

ZAKARIASHVILI M. Z. (mariam.zaqariashvili@tesau.edu.ge)

Iakob Gogebashvili Telavi State University (Georgia)

Telavi Public School No. 5 (LEPL)

Abstract. This paper examines the impact of the visual programming environment Scratch on the development of algorithmic thinking among adolescents. The study is based on a specific practical example — the educational game "The Agile Duck." The paper analyzes how block-based programming assists primary school pupils in mastering complex logical operations such as loops, variables, and conditional operators. Particular attention is paid to the aspect of communication between humans and computer programs as an integral part of algorithmic culture.

The project was implemented as an experiment with students of Telavi Public School No. 5 at the primary level of education (Grade VI). I am providing the link to the project below - Sharing Link: <https://scratch.mit.edu/projects/1318069241>

Keywords: Scratch.mit.edu; Algorithmic Culture; Gamification; Visual Block Programming; The Agile Duck; Human-Computer Interaction

Relevance of the Topic

In the 21st century, Computational Thinking is regarded as the fourth fundamental skill after reading, writing, and arithmetic. The main challenge lies in the fact that traditional programming languages, with their complex syntax, often create barriers for primary school students. Scratch, as a mediating tool, removes this barrier. Its relevance is further strengthened by the understanding that algorithmic culture is not limited to writing code; rather, it is the art of problem-solving, systems thinking, and establishing effective communication between humans and machines.[2],[3],[4]

As Mitchel Resnick, the creator of Scratch, states: "Scratch is not just about coding; it is about creative thinking, systematic reasoning, and collaborative work"; "Programming is not just a skill; it is a new language of self-expression" (Resnick, 2017). In the project "The Agile Duck", this language is used to overcome logical challenges.

Consistent Description of the Content

Definition of Algorithmic Culture in the Context of Scratch.mit.edu

Algorithmic culture refers to an individual's ability to transform an abstract idea into a sequence of logical steps. Scratch.mit.edu makes this process visual and accessible. Instead of focusing on commas, brackets, or other complex syntactic elements, pupils concentrate on the structure and logic of the algorithm itself.

Logical Architecture of the Project “The Agile Duck”

The project “The Agile Duck” represents a dynamic model in which three main types of algorithms are implemented:

1. Linear algorithms – starting the game and setting the initial positions.
2. Branching algorithms – “If a collision occurs, then the game ends.”
3. Loop algorithms – the countdown timer and the continuous movement of obstacles.

The game mechanics — the duck's jump while overcoming obstacles — require precise mathematical calculations within a coordinate system (the x and y axes), which helps pupils develop spatial thinking skills. The project also incorporates STEM components.

Communication Between Program and Human

One of the key aspects of the thesis is the understanding of user interface (UI) and user experience (UX). In “The Agile Duck”, communication is bidirectional:

- Human → Program: an input transmitted via the keyboard, which is translated into the duck's jump;
- Program → Human: visual messages (“Success”, “Try again”) and changes in corresponding sprites (emotional visual representations).



Fig 1 - Screenshots from the game “The Agile Duck”
Sharing Link: <https://scratch.mit.edu/projects/1318069241>

This interaction shapes the understanding that a program is not a “black box,” but rather a system that responds to human actions. The appearance of a failure sprite not only indicates the end of the game but also provides the player with an opportunity to analyze where the algorithm broke down.

Gamification as a Motivational Factor

Using the example of “*The Agile Duck*”, it can be observed that the introduction of score tracking and time limits increases pupils engagement. Algorithmic culture in this context is formed not through compulsion, but through “engaged learning”, “game-based learning”: driven by game-like motivation.

Creative Freedom vs. Logical Frameworks

It is important to note that Scratch does not restrict children solely to the technical dimension. The selection of the visual design in “*The Agile Duck*” (sprite design) is a creative act that, together with logical code, forms a complete product. This represents a classic example of the STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) approach, where art and technology complement each other.

Result

The study of the project “*The Agile Duck*” has shown that creating a game on the Scratch platform not only develops pupils’ algorithmic logic but also fosters the ability to establish effective, emotional, and purposeful communication between humans and technology.

Analysis and Discussion

The analysis of the project “*The Agile Duck*” demonstrates that creating games on the Scratch platform goes beyond simple entertainment and serves as a powerful tool for developing algorithmic culture. The study revealed that breaking complex tasks into small logical steps (decomposition) helps students develop a systemic way of thinking, while the use of variables and conditional operators gives mathematical thinking practical relevance.

The aspect of communication between the program and the user is particularly important: visual feedback messages indicating success or failure help establish a healthy culture of feedback, where mistakes are not perceived as failure but as opportunities for code optimization. Ultimately, the project confirms that the synthesis of gamification and visual programming is one of the most effective approaches for developing technological empathy and critical thinking in adolescents.

Conclusion

The project “*The Agile Duck*” clearly demonstrates that Scratch (<https://scratch.mit.edu>) is a powerful platform for developing algorithmic culture. It enables primary school pupils to understand the fundamental principles of programming through gameplay. Effective communication between humans and programs also fosters the development of technological empathy — the ability to consciously and logically interact with and control the digital world.

REFERENCES

- [1] Resnick, M. (2017). *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. MIT Press.
- [2] Scratch Foundation. (n.d.). About Scratch. <https://scratch.mit.edu/about>
- [3] Harvard Graduate School of Education. (2022). Creative Computing Curriculum. <https://creativecomputing.gse.harvard.edu/guide/>
- [4] Code.org. (2024). The Importance of Computer Science in Primary Education. <https://code.org/advocacy>

УДК 378.147:004.946:62

АДАПТИВНІ МЕХАНІКИ СЕРЬОЗНИХ ІГОР ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

С. АНДРЕЄВ (andreevgarage@gmail.com),
Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей»
Чугуївської міської ради Харківської області

У статті проаналізовано роль адаптивних механік серйозних ігор у процесі формування професійних компетентностей студентів технічних напрямів. Автор розкриває переваги імерсивних симуляцій, що базуються на персоналізації складності завдань та використанні динамічного зворотного зв'язку. Досліджено технологічну основу адаптивності, що поєднує

моделі предметної області, студента та педагогічного сценарію для створення індивідуальних освітніх траєкторій. Визначено, що впровадження таких інструментів сприяє розвитку системного мислення та готовності майбутніх інженерів до роботи в умовах високої невизначеності.

Сучасна парадигма технічної освіти опинилася в епіцентрі трансформаційних процесів, зумовлених стрімкою цифровізацією промисловості та зростанням вимог до операційної готовності випускників. Традиційні методи навчання, попри їхню фундаментальність, часто демонструють інертність у формуванні прикладних навичок, необхідних для роботи зі складними антропотехнічними системами. У цьому контексті особливого наукового інтересу набувають «серйозні ігри», які розглядаються не як розважальна надбудова, а як інтелектуальна цифрова екосистема, здатна забезпечити високий рівень когнітивної залученості та професійної адаптивності студентів технічних напрямів.

Концептуальна перевага серйозних ігор над стандартними симуляційними середовищами полягає у специфічній організації ігрового циклу, де кожна дія студента супроводжується миттєвим детермінованим зворотним зв'язком [1, с. 260], що дозволяє реалізувати дидактичний принцип навчання через досвід у безпечному віртуальному просторі. Проте ключовим фактором ефективності сучасних освітніх ігор є їхня здатність до адаптивності. Адаптивні механіки базуються на безперервному моніторингу психофізіологічних та когнітивних показників студента, що дозволяє системі динамічно коригувати складність завдань, підтримуючи стан «поток». Теоретичне обґрунтування такого підходу знаходить своє відображення у концепції зони найближчого розвитку, де складність освітнього контенту постійно балансує на межі поточної компетентності та інтелектуального виклику.

Механізми адаптації в структурі серйозних ігор реалізуються через складні алгоритмічні рішення, зокрема динамічне регулювання складності та систему контекстуального супроводу. На відміну від статичних навчальних модулів, адаптивна гра здатна ідентифікувати патерни помилок студента та пропонувати сценарії [2, с. 9], що спрямовані на дефіцитарні зони знань. У процесі підготовки інженерів або IT-фахівців це проявляється у можливості моделювання нелінійних технічних завдань, де наслідки прийнятих рішень розгортаються в реальному часі, формуючи у майбутнього спеціаліста розуміння системної цілісності об'єкта проектування. Таким чином, відбувається перехід від лінійного накопичення інформації до формування комплексної професійної інтуїції та оперативного мислення.

Формування професійних компетентностей за допомогою серйозних ігор демонструє значну перевагу в аспекті часових витрат на освоєння складних навичок [3, с. 261]. Завдяки реалізації концепції навчання «саме вчасно», теоретичні відомості подаються студенту в момент виникнення практичної потреби в них у межах ігрового сценарію. Це, в свою чергу, створює стійку мотиваційну базу та сприяє кращому закріпленню матеріалу в довготривалій пам'яті. Дослідження підтверджують, що рівень утримання знань при використанні адаптивних ігрових механік є значно вищим порівняно з пасивними методами навчання, оскільки активна маніпуляція об'єктами в імерсивному середовищі стимулює сенсомоторну та когнітивну активність одночасно.

Математична та технологічна основа адаптивності в серйозних іграх зазвичай спирається на інтеграцію трьох засадничих моделей – моделі предметної області, моделі студента та педагогічної моделі. Модель студента постійно оновлюється на основі аналізу великих даних, що генеруються під час ігрової сесії. Використання ймовірнісних методів, таких як Байєсівські мережі, дозволяє системі прогнозувати ймовірність успішного вирішення наступного завдання та індивідуалізувати освітній маршрут. Такий підхід забезпечує персоналізацію освіти в масштабах, недоступних для традиційних аудиторних занять, де викладач обмежений необхідністю орієнтуватися на середній рівень підготовки групи.

Особливу роль адаптивні серйозні ігри відіграють у розвитку здатності до роботи в умовах невизначеності. Технічна освіта часто грішить детермінованими задачами, що мають лише одну правильну відповідь. Натомість реальна інженерна практика пов'язана з багатокритеріальною оптимізацією та ризиками. Ігрові механіки дозволяють вводити в освітній процес елементи стохастичності та аварійні сценарії, що примушує студента не просто відтворювати алгоритми, а критично оцінювати ситуацію та розробляти інноваційні стратегії. Це сприяє формуванню

аксіологічного компонента компетентності – професійної відповідальності та етики прийняття рішень.

Попри очевидний дидактичний потенціал, інтеграція адаптивних ігор у вищу школу вимагає вирішення низки методологічних проблем. Найважливішою серед них є розробка валідних інструментів оцінювання, які б дозволяли конвертувати ігрові досягнення в академічні кредити та оцінки компетентностей. Потрібна розробка специфічних метрик, що фіксують не лише кінцевий результат, а й траєкторію пошуку рішення, швидкість адаптації до змін та здатність до переносу отриманих навичок у реальні виробничі умови. Окрім того, створення такого контенту потребує міждисциплінарної взаємодії фахівців з педагогічного дизайну, програмування та профільної інженерії.

Отже, можна стверджувати, що адаптивні механіки серйозних ігор є потужним каталізатором професійного становлення студентів технічних спеціальностей. Вони дозволяють подолати розрив між теоретичною підготовкою та практичними вимогами ринку праці, забезпечуючи підготовку фахівців, здатних до безперервного самонавчання та ефективної діяльності у високотехнологічному середовищі. Подальші дослідження у цій галузі мають бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів штучного інтелекту для глибшої персоналізації ігрового досвіду та створення стандартизованих фреймворків для розробки освітніх симуляцій нового покоління. Майбутнє інженерної освіти вбачається у гармонійному поєднанні академічної фундаментальності та високотехнологічних адаптивних інструментів навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. L. Plass, B. D. Homer, and C. K. Kinzer, "Foundations of game-based learning," *Educational Psychologist*, vol. 50, no. 4, pp. 258–283, 2015, doi: 10.1080/00461520.2015.1122533.
2. C. Lonergan and S. J. E. Lucas, "Gamification of cognitive assessment and cognitive training: A systematic review of applications and efficacy," *Gamification of Cognitive Assessment and Training*, pp. 1–20, 2016.
3. P. Wouters, C. van Nimwegen, H. van Oostendorp, and E. D. van der Spek, "A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games," *J. Educ. Psychol.*, vol. 105, no. 2, pp. 249–265, 2013, doi: 10.1037/a0031311.

UDC 004.42

ГЕЙМІФІКОВАНА ВЕБПЛАТФОРМА «МУРМОВА» ЯК ЗАСІБ ЗНИЖЕННЯ КОГНІТИВНОГО БАР'ЄРА У НАВЧАННІ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ

АНТОНЕНКО Є.Д. (antonenko.yelyzaveta.3506@gmail.com)

АЛЕКА Г.І. (galina.ivanova.2308@gmail.com)

Криворізький державний педагогічний університет

Постановка проблеми

Проблема мотивації в здобувачів освіти до вивчення української мови є однією із головних, оскільки нерідко заняття ґрунтуються на механічному виконанні вправ і можуть породжувати у здобувачів освіти стійкий пізнавальний опір – так званий когнітивний бар'єр, що виявляється у відчутті тривоги перед складним матеріалом, небажанні починати роботу та швидкому виснаженні уваги. Водночас цифрове середовище формує у школярів нові очікування щодо взаємодії з освітнім контентом, оскільки сучасні діти звикли до інтерактивних цифрових продуктів, а отже, статичні освітні ресурси можуть сприйматися як нецікаві. Це створює реальну потребу в нових підходах до організації навчального процесу.

У цьому контексті гейміфікація постає як перспективний інструмент зниження когнітивного бар'єру, що здатний забезпечити плавне і мотивоване вивчення здобувачами української мови. Разом із тим помітний брак конкретних практичних досліджень, у яких цей підхід було б

реалізовано системно – у поєднанні наративної логіки, ігрового персонажа та повноцінної прогресивної механіки в межах одного навчального вебресурсу для учнів середньої школи.

У межах дослідження було вирішено завдання:

- систематизовано навчальний контент з української мови та адаптовано його для цифрового формату навчання;
- розроблено авторський ігровий персонаж-провідник і визначено його функціональну роль у зниженні когнітивного бар'єру;
- реалізовано вебплатформу «МурМова» засобами Flask, HTML, CSS та JavaScript із впровадженням механік прогресії (XP, рівні, ігрова валюта).

Суть дослідження

Практичним результатом дослідження є створення освітнього вебсайту «МурМова» – гейміфікованої платформи для вивчення української мови. Під час проєктування ресурсу враховано, що ефективність гейміфікації залежить не від ізольованого використання окремих ігрових елементів, а від узгодженості механіки, динаміки та естетики як складників цілісного користувацького досвіду [1]. Саме тому структура платформи поєднує навчальний маршрут, персонажів-помічників, мікронавчальні завдання, систему винагород і візуально комфортний інтерфейс.

Стартова сторінка платформи виконує функцію первинного залучення учня до навчальної взаємодії. На ній розміщено панорамне зображення «Міста мов» і короткий заклик до вивчення української мови (див. рис. 1). Така організація першого екрана дає змогу швидко зрозуміти призначення ресурсу й сформувати позитивне очікування щодо подальшої роботи.

Карта маршруту – це засіб забезпечення передбачуваності. Однією із причин когнітивних бар'єрів є невизначеність, в яких учень не знає: «Скільки ще залишилось пройти?», «Що робити далі?» або «Чи є мета досягаємою?». Карта «Міста мов» вирішує дану проблему на структурному рівні, де кожна будівля на карті відповідає певному навчальному модулю, а прогрес у кожному розділі представлений візуально (див. рис. 2). Тому така структура гарантує передбачуваність, бо здобувачі можуть одним поглядом побачити повний маршрут і самостійно обрати свої наступні кроки. Це реалізує потребу в автономії, яка, згідно з теорією самодетермінації [1], є одним із головних чинників внутрішньої мотивації.



Рис. 1 – Стартова сторінка вебсайту



Рис. 2 – Карта «Міста мов»

Персонажі котів – це елемент емоційної підтримки. Одним із основних засобів для зменшення тривоги є присутність персонажа «Мурфесора», який виконує роль емоційного якоря (формує позитивне ставлення до навчального середовища), навігатора (спрямовує учня між модулями) та адаптивного вчителя (реагує на рівень розуміння матеріалу). Різноманітні образи котів (див. рис. 3) пов'язані з конкретними розділами мовознавства (фонетика, морфологія, синтаксис), завдяки чому між персонажами та навчальним матеріалом виникає міцний асоціативний зв'язок.

Поділ матеріалу на рівні як уникнення перевантаження. Навчальний контент цієї платформи структурований за принципами мікронавчання, де кожна тема поділена на послідовні «місії» – короткі та завершені блоки з чіткими навчальними цілями та миттєвим зворотнім зв'язком (див. рис. 4). Завдяки такому підходу здобувачі можуть зосередитися на одній ідеї, а не на довгих

текстах. Саме це мінімілізує непотрібне когнітивне навантаження. Поступове підвищення складності завдань (див. рис. 5) – від «опанування» до «застосування» – що забезпечує у школярів відчуття успіху на кожному пройденому етапі.



Рис. 3 – Образи котів для вебсайту

Візуальне оформлення платформи також підпорядковане завданню зниження когнітивного бар'єра. Тепла помаранчево-бежева колірна гама, стримане виділення правильних і неправильних відповідей, а також анімовані підказки від персонажів створюють середовище, у якому помилка сприймається як природна частина навчального процесу. Це важливо для здобувачів, які уникають виконання завдань через страх отримати неправильний результат.

Зміна мотивації: від обов'язку до бажання. Система прогресу платформи (ХР, ігрова валюта «Рибки», а також ієрархія статусів від «Маленького кошеня» до «Верховного Мурвчителя») перетворює процес навчання на цілеспрямовану та веселу діяльність. Щоразу, виконуючи завдання, здобувачі одразу отримують зворотний зв'язок та винагороду, що діє як позитивне підкріплення. Завдяки графіку щотижневої активності в профілі школярів можуть активно відстежувати свій прогрес, що сприяє розвитку навичок самоконтролю та відповідальності за результати. Тобто зовнішня мотивація поступово перетворюється на внутрішню, де здобувачі продовжують навчатися не тому, що «повинні», а через бажання «досягти наступного рівня».



Рис. 4 – Сторінка теорії на платформі



Рис. 5 – Сторінка місій на платформі

Висновки

У процесі дослідження навчальний контент з вивчення української мови був систематизований із урахуванням вікових особливостей учнів середньої школи та адаптована до цифрового формату. Крім того, було розроблено спеціально створеного персонажа-провідника, який допомагає знизити тривожність та сприяє формуванню емоційного зв'язку з навчальним середовищем. Було впроваджено комплексну веб-платформу «МурМова», яка інтегрує функції управління прогресом (ХР, рівні, віртуальна валюта). У цілому ці рішення підтверджують, що когнітивні бар'єри на початку навчального процесу – це не абстрактні педагогічні концепції, а цілком конкретні явища, які можна подолати за допомогою проєктно-орієнтованого підходу. Ігрові навчальні сценарії можуть значно зменшити початкову невпевненість учнів ще до виконання перших завдань та змінити їхнє ставлення до навчання.

Отримані результати дають підстави розглядати гейміфіковане освітнє середовище як один із можливих засобів зменшення когнітивних бар'єрів на початку навчальної діяльності. Завдяки поетапній структурі, зрозумілій навігації та регулярному зворотному зв'язку учень отримує

більше можливостей для поступового входження в навчальний процес без відчуття надмірного навантаження.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на експериментальну перевірку ефективності платформи «МурМова», зокрема на вивчення впливу окремих ігрових механік на мотивацію, рівень навчальної тривожності та результати засвоєння української мови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mirmotahari O., Grun H. N., Berg Y. Gamification as a transferable pedagogical innovation for technology education: developing 21st-century skills through collaborative game-based learning. *Frontiers in Education*. 2025. Т. 10. URL: <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1684459> (дата звернення: 23.04.2026).

УДК 37.014.5:004-044.922

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ТА КІБЕРОСВІТА

БАРХАЛЕНКО К.М., УВАРКІНА О.В. (uvarkinaev@gmail.com)

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У дослідженні вперше аналізується взаємозв'язок гейміфікації в освіті та найпопулярніших сьогодні міжнародних-онлайн змагань у форматі Capture The Flag (CTF) з кібербезпеки. Визначено, що міжнародні-онлайн змагання у форматі Capture The Flag (CTF) з кібербезпеки мають всі елементи гейміфікації: сценарій, завдання, командну роботу, таймер, бали, рейтинг учасників у реальному часі та відзнаки для лідерів. Доведено, що поєднання теоретичних знань, отриманих під час навчання з практичними кібернавичками, а саме: пентесту, аналізу та захисту, стає ефективною освітньою технологією для підготовки майбутніх кіберфахівців у вишах як вид неформальної освіти та перспективним напрямком забезпечення висококваліфікованими спеціалістами з кібербезпеки сектору безпеки та оборони держави.

Симтоматичною ознакою активізації процесів цифрової трансформації української системи освіти є експоненційний характер розвитку гейміфікації, яка стала еволюційною інформаційно-освітньою технологією сучасності. Гейміфікація, як ігрова технологія у неігрових практиках, відома ще з 2002 року, але стала популярною лише у період активного періоду розвитку інформаційних технологій в освіті [1]. І незалежно від конверсійного характеру та багатоманітності дослідницьких підходів, відсутності узгодженої системи критеріїв елементи гейміфікації на практиці часто-густо застосовуються для підготовки фахівців у сфері безпеки та оборони.

В умовах агресії РФ проти України потреба у підготовці фахівців з комп'ютерної безпеки стає пріоритетним завданням вишів, які мають спеціальність F5 Кібербезпека та захист інформації. Тому науково-практичний інтерес фахівців з кібербезпеки концентрується довкола факторів і чинників, критична маса яких призводить до поєднання теоретичних знань з реальними викликами у сфері інформаційної безпеки. Априорно стратегічний характер гейміфікації став основою таких командних та індивідуальних змагань у сфері кібербезпеки як Capture The Flag (CTF), які, на нашу думку, випереджають, наприклад, кібернавчання та хакатони у практичному застосуванні інформаційно-безпекових навичок майбутніх кіберфахівців та забезпечують функціонування всіх елементів гейміфікації.

Аналіз понад 45 міжнародних змагань Capture The Flag (CTF) з кібербезпеки, які були організовані у 2026 році та особиста участь у змаганнях показав, що інноваційність цих змагань вперше забезпечується не тільки поєднанням теоретичних знань майбутніх кіберфахівців з практикою реального кібербезпекового середовища, але і багаторівневою організацією для обміну практичним досвідом у міжнародному освітньому онлайн-просторі. Наприклад, на початку 2026 року у міжнародному онлайн-змаганні з кібербезпеки у форматі Capture the Flag (CTF), яке було

організовано канадською командою університету Торонто UofTCTF взяло участь 1551 команд зі всього світу. У онлайн-змаганні з кібербезпеки Capture the Flag (CTF), яке було організоване японською командою SWIMMER OSINT CTF брали участь вже 1880 міжнародних команд, що свідчить про величезний інтерес молодих кіберфахівців до формату цієї цифрової освітньої технології. За підсумками цих змагань та інших міжнародних онлайн-турнірів (KnightCTF 2026; Dreamhack Invitational Quals 2026; Eschaton CTF 2026 Quals; PascalCTF 2026; Pragyan CTF 2026; Nullcon Goa HackIM 2026 CTF; LA CTF 2026; FETCH THE FLAG 2026; Crackmes.one Reverse Engineering CTF 2026; BearcatCTF 2026 - Setting Sail; BITSCTF 2026; Batman's Kitchen CTF 2026; UniVsThreats 26 Quals CTF; EHAX CTF 2026; Srdnlen CTF 2026 Quals; DiceCTF 2026 Quals; CodeVinci CTF 2026; ApoorvCTF 2026; UTCTF 2026; PsychCTF 2026; INT20 2026; TAMUctf 2026; BSidesSF CTF 2026; MetaCTF April 2026; Flash CTF UMassCTF 2026; VishwaCTF'2026 UMDCTF 2026 та інших) команди майбутніх кіберфахівців, наприклад з КПП імені Ігоря Сікорського, посідали у загальному світовому рейтингу почесні місця та з кожним змаганням покращували свої результати. Між іншим, сьогодні команди здобувачів КПП імені Ігоря Сікорського («milworms», «Ambr0slal!», «LeetSh4d0ws») входять у ТОП-3 в українському рейтингу у форматі CTF з кібербезпеки [2].

Зазвичай учасники міжнародних онлайн-змагань Capture The Flag (CTF) з кібербезпеки формуються у команди, але також є приклади індивідуальних змагань. Кожна команда обирає назву (наприклад, «CyFix»), визначає склад та тренера з числа вже досвідчених кіберфахівців, реєструється на платформі (наприклад, Hack The Box), обирає категорію завдання (Web-безпека; Криптографія (Crypto); Реверс-інжиніринг (Reverse); Форензика (Forensics); OSINT; Pwn (Binary Exploitation)) та отримує інформацію про тривалість змагання, яке може за часом бути від кількох годин до кількох днів. Переважно це залежить від формату CTF, серед яких найпопулярнішими сьогодні є Jeopardy (Запитання-відповідь) та Attack-Defense (Атака-Захист).

Слід зазначити, що, на нашу думку, одним з найефективніших цифрових інструментів гейміфікації для проведення змагань Capture The Flag (CTF) у сфері кібербезпеки є платформа Hack The Box, яка поєднує практичні завдання з елементами гри, мотивації та змагання. На відміну від традиційних підходів, де навчання обмежується теорією або лабораторними роботами з чіткими інструкціями, платформа Hack The Box пропонує середовище максимально наближене до реальних сценаріїв атак і захисту, а гейміфікація реалізується через систему рівнів складності, балів, машин (так званих «бокс»), які необхідно зламати, використовуючи знання з мережевої безпеки, веб-експлуатації, криптографії та реверс-інжинірингу. Командна робота у пошуку учасниками прихованих «прапорців» (Flags), які у більшості завдань є спеціальними рядками тексту або цифровими послідовностями, в умовах імітації реального сценарію кібератак сприяє розвитку критичного мислення, навичок аналізу та пошуку вразливостей сучасних цифрових систем інформаційної безпеки та безумовно відповідає концепції «learning by doing» де знання здобувають через практичні навички.

Під час змагань, за кожен знайдений «прапорець» нараховуються бали, визначаються рейтинги команд, з'являється командне суперництво. За перемогу учасники команди-лідера отримують професійні сертифікати на безкоштовне стажування, навчання, проходження престижних курсів від провідних міжнародних cybersecurity-компаній, банків або державних установ. У деяких змаганнях передбачаються грошові гранти та до призового фонду входить різноманітна цифрова техніка та аксесуари. Із учасників команд-переможців формуються національні збірні для представлення держави на європейських чи світових першостях (наприклад, European Cybersecurity Challenge (ECSC)). Активна участь та перемога у кіберзмаганнях безумовно надає учасникам можливість професійного зростання та високої конкурентоздатності серед фахівців з інформаційної безпеки.

Отже, гейміфікація, як сучасна цифрова освітня технологія, в умовах реальних кіберзагроз стає перспективним напрямком для появи та розвитку нових цифрових інструментів в інформаційному просторі для підвищення якості підготовки кіберфахівців у вишах. Аналіз та участь у міжнародних онлайн-змаганнях Capture The Flag (CTF) з кібербезпеки засвідчив надзвичайну актуалізацію цього гейміфіковано формату серед майбутніх кіберфахівців. На нашу думку, міжнародні онлайн-змагання Capture The Flag (CTF) надають можливість практичного відпрацювання кібербезпекових компетентностей для аналізу комп'ютерних вразливостей через

використання ігрових механік, принципів та елементів у неігровому контексті, а також можливість отримати практику роботи в команді, міжнародний досвід та кар'єрне зростання у професійної кібердіяльності. Україні потрібні сучасні висококваліфіковані фахівці з кібербезпеки для захисту та безпеки держави в умовах цифрової трансформації сектору безпеки і оборони.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.О.В. Саган, «Гейміфікація як сучасний освітній тренд,» *Педагогічні науки*. Випуск 100. 2022. С.12-18. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2022-100-2>. Дата звернення: 11.05.2026.
- 2.CTFTIME. [Online]. Available: <https://ctftime.org/stats/2026/UA>. Accessed on: May 12, 2026.

УДК 377.091.33:004.8:004.946

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

БАЦУРОВСЬКА І.В., КАШИНА Г.С.

(bacurovska82@gmail.com, g.kashina@socosvita.kiev.ua)

Академія праці, соціальних відносин і туризму

Цифрова трансформація професійної освіти зумовлює потребу в таких педагогічних рішеннях, які поєднують практико-орієнтовану підготовку здобувачів, розвиток цифрової компетентності та формування мотивації до неперервного навчання. Одним із перспективних напрямів є гейміфікація, що використовує логіку ігрових механік, мультимедійного контенту, інтерактивної комунікації та зворотного зв'язку для підвищення залученості здобувачів освіти. У професійній освіті такий підхід має особливу цінність, оскільки дає змогу моделювати виробничі ситуації, відпрацьовувати алгоритми професійних дій, аналізувати помилки та формувати досвід прийняття рішень у безпечному освітньому середовищі.

Мета тез полягає в обґрунтуванні педагогічного потенціалу гейміфікації професійної освіти засобами штучного інтелекту та мультимедійних технологій. Актуальність проблеми посилюється тим, що сучасні цифрові інструменти вже не обмежуються демонстрацією навчального матеріалу, а забезпечують адаптивну взаємодію зі здобувачем, персоналізовану підтримку, автоматизований аналіз навчальних результатів і створення симуляцій професійної діяльності. У цьому контексті штучний інтелект може бути використаний не як заміна викладача, а як допоміжний інструмент проєктування освітніх сценаріїв, генерації тренувальних завдань, моделювання кейсів, оцінювання прогресу та організації індивідуальної освітньої траєкторії [1; 2].

Гейміфікація у професійній освіті передбачає використання ігрових елементів у неігровому навчальному середовищі: рівнів складності, місій, досягнень, рейтингів, цифрових бейджів, сюжетних ситуацій, командних завдань, симуляцій та сценаріїв вибору. Її ефективність залежить не від кількості ігрових атрибутів, а від того, наскільки вони пов'язані з реальними професійними компетентностями. Тому доцільно проєктувати гейміфіковані завдання як послідовність професійних викликів: діагностика проблеми, вибір інструменту, виконання дії, перевірка результату, аналіз помилки й рефлексія. Саме така логіка забезпечує перехід від зовнішньої мотивації до усвідомленого оволодіння професійними способами діяльності [3]. Штучний інтелект розширює можливості гейміфікації через адаптивність і варіативність навчального середовища. AI-системи можуть добирати рівень складності завдань відповідно до попередніх результатів здобувача, генерувати індивідуальні навчальні підказки, пропонувати альтернативні маршрути проходження теми, створювати ситуаційні задачі та підтримувати формувальне оцінювання. У підготовці майбутніх фахівців це дає змогу поєднати теоретичний матеріал із практичними тренажерами, віртуальними лабораторіями, інтерактивними кейсами та мультимедійними симуляціями. Водночас педагогічне використання штучного інтелекту потребує дотримання

принципів прозорості, академічної доброчесності, захисту персональних даних і критичного ставлення до автоматизованих рішень [1; 4].

Мультимедійні технології у гейміфікованому навчанні виконують не лише ілюстративну, а й комунікативну та моделювальну функції. Відеофрагменти, інтерактивна графіка, 3D-моделі, анімації, доповнена й віртуальна реальність допомагають відтворити складні професійні процеси, які важко або небезпечно демонструвати в реальних умовах. Для здобувачів професійної освіти це створює можливість багаторазового тренування дій, порівняння різних способів розв'язання завдань і формування стійких навичок без ризику для обладнання, виробничого середовища чи інших учасників освітнього процесу. Особливої ваги набуває поєднання мультимедіа з проблемно-пошуковими завданнями, коли здобувач не просто сприймає інформацію, а активно взаємодіє з нею. Методична модель впровадження гейміфікації засобами штучного інтелекту та мультимедіа може охоплювати кілька взаємопов'язаних етапів. На першому етапі викладач визначає професійну компетентність, яку необхідно сформувати, і добирає реалістичну ситуацію з майбутньої діяльності здобувача. На другому етапі розробляється ігровий сценарій: мета, ролі, правила, критерії успіху, система підказок і механізм зворотного зв'язку. На третьому етапі інтегруються AI-інструменти для адаптації складності, генерації варіантів завдань, аналізу помилок і підтримки рефлексії. На четвертому етапі здійснюється оцінювання не лише кінцевого результату, а й способу дії здобувача, аргументації вибору, дотримання етичних і безпекових норм.

Важливим напрямом є підготовка викладачів до проектування таких освітніх практик. Педагог має володіти не лише цифровими інструментами, а й методикою їх педагогічно доцільного використання: визначати межі автоматизації, пояснювати здобувачам правила роботи з AI-сервісами, формувати культуру відповідального використання цифрового контенту, запобігати формальному виконанню завдань і підтримувати авторську активність здобувачів. Міжнародні документи наголошують, що компетентність викладача у сфері штучного інтелекту включає етичний вимір, розуміння основ AI, здатність інтегрувати його в педагогіку та використовувати для професійного розвитку [2].

Отже, гейміфікація професійної освіти засобами штучного інтелекту та мультимедійних технологій є перспективним напрямом оновлення освітнього процесу, оскільки забезпечує інтерактивність, практичну спрямованість, персоналізацію й розвиток критичного мислення здобувачів. Її ефективність визначається не технологічною новизною інструментів, а якістю педагогічного дизайну, відповідністю завдань професійним компетентностям і дотриманням етичних принципів використання цифрових технологій. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення критеріїв оцінювання результативності гейміфікованих AI-орієнтованих навчальних середовищ у професійній освіті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Miao F., Holmes W. Guidance for Generative AI in Education and Research. Paris : UNESCO, 2023. 44 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693> (дата звернення: 12.05.2026).
2. UNESCO. AI Competency Framework for Teachers. Paris : UNESCO, 2024. 60 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104> (дата звернення: 12.05.2026).
3. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”. Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. New York : ACM, 2011. P. 9–15. DOI: 10.1145/2181037.2181040.
4. European Commission. Digital Education Action Plan 2021–2027. Brussels : European Commission, 2020. URL: <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan> (дата звернення: 12.05.2026).

ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ТРАНСФОРМАЦІЇ ІНШОМОВНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ СФЕРИ ТУРИЗМУ ТА ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ СПРАВИ

БЕРЕЗІНСЬКА О. В. (vlady22helen@gmail.com)

Міжнародний університет, м. Одеса

Розглянуто трансформацію освітнього процесу: перехід від пасивного накопичення знань до активного імерсивного досвіду, що дозволяє моделювати природне мовне середовище в штучних умовах. Проаналізовано, як візуальна та ситуативна контекстуалізація у VR сприяє глибшому закріпленню нейронних зв'язків та прискорює запам'ятання лексики порівняно з традиційними методами. Особливу увагу приділено феномену зниження «мовної тривожності». Доведено, що у віртуальному просторі учні легше долають комунікативний бар'єр, оскільки безпечна симуляція реальних життєвих сценаріїв формує впевненість у мовленні. Також розглянуто технічні та методичні аспекти інтеграції VR у навчальні програми й оцінено баланс між ігровою залученістю та ефективністю засвоєння граматичних структур.

Проблема дослідження полягає у пошуку інструментів для інтеграції теоретичних знань і реальним практичним досвідом. Впровадження VR-технологій відкриває нову еру в ед'ютейменті (edutainment), забезпечуючи рівень імерсивності, недоступний класичним методикам. Це дозволяє студентам не просто вивчати матеріал, а буквально «проживати» його у віртуальному середовищі.

Метою дослідження є аналіз впливу VR-технологій на подолання психологічних та когнітивних бар'єрів під час вивчення іноземної мови за професійним спрямуванням. Робота фокусується на підготовці майбутніх фахівців галузей готельно-ресторанної справи, кейтерінгу (спеціальність J2), туризму та рекреації (спеціальність J3).

Сучасна освітня парадигма трансформується від репродуктивного засвоєння знань до активного набуття практичного досвіду. Провідне місце у цьому процесі посідають технології віртуальної реальності (VR), що дозволяють моделювати безпечне контрольоване та високореалістичне навчальне середовище. Завдяки імерсивному (від англійського *immersive*) ефекту VR-технології забезпечують високий рівень залученості здобувачів освіти та сприяють глибокому розумінню складних концептів, що визначає їх як один із найбільш перспективних векторів розвитку ед'ютейменту (edutainment).

Технології віртуальної реальності (VR) як ключовий інструмент сучасного ед'ютейменту перебувають у центрі уваги багатьох вітчизняних та іноземних науковців. Одним із найавторитетніших дослідників у цій галузі є професор Стенфордського університету Джеремі Бейленсон, який у своїх працях обґрунтовує здатність VR моделювати унікальний досвід, що трансформує навчання та соціальну поведінку [1]. Питаннями імерсивного навчання та його впливу на когнітивні процеси тривалий час займається Кріс Деді з Гарварду: він аналізує, як віртуальні світи допомагають студентам опановувати абстрактні наукові концепції через безпосередню взаємодію з об'єктами [2, pp. 66-69]. Важливий внесок у розуміння психологічного аспекту занурення зробив Мел Слейтер, чий дослідження присвячені феномену присутності та відчуттю «втілення» у віртуальному просторі, що є критично важливим для високого рівня залученості [3, p. 65]. Водночас Річард Маєр досліджує VR крізь призму когнітивного навантаження, визначаючи умови, за яких віртуальне середовище стає максимально ефективним для запам'ятовування та розуміння матеріалу [4].

В українському науковому просторі розвиток імерсивних технологій та концепції ед'ютейменту активно досліджують такі вчені, як В. Биков, О. Співаковський, О. Спірін та С. Литвинова. Їхні праці присвячені проектуванню хмароорієнтованих навчальних середовищ та методології використання VR/AR у підготовці фахівців. Це дозволяє ефективно інтегрувати світові технологічні тренди у вітчизняну систему освіти.

Глобальна трансформація індустрії гостинності диктує нові стандарти: фахівець має бути готовим до крос-культурної комунікації без адаптаційного періоду. Використання VR-технологій у викладанні іноземної мови професійного спрямування – це не просто інновація, а необхідна відповідь на запит галузі щодо «готових до практики» кадрів, що дозволяє подолати статичність

аудиторного навчання через створення безперервного потоку автентичних професійних викликів. Зокрема, у контексті підготовки адміністраторів готелів, VR-симуляції дозволяють відпрацювати складні скрипти реєстрації (Check in) та управління конфліктами (Complaint Handling) у високодеталізованому середовищі. Студент не просто вивчає фрази, а опановує невербальну комунікацію та емоційну стійкість, взаємодіючи з аватарами, що мають різні типи акцентів та моделей поведінки.

У ресторанному сегменті VR-інструментарій трансформує підготовку персоналу в тренінг із високою доданою вартістю: від опрацювання технік апселінгу та винної етикетки до симуляції критичних ситуацій (Service Recovery). Це дозволяє студенту подолати «мовний бар'єр перед клієнтом» ще до виходу на реальну практику, гарантуючи закладу високу якість сервісу з першої робочої зміни.

Основним психологічним бар'єром для студентів цих спеціальностей є страх прямої взаємодії з іноземним гостем, де помилка сприймається як репутаційний ризик. VR-симуляції створюють безпечний «полігон» для десенсибілізації, занурюючи майбутніх адміністраторів готелю чи гідів у віртуальне середовище аеропорту, лобі готелю або ресторану. Технологія дозволяє відпрацювати мовленнєві шаблони до автоматизму в умовах, що імітують реальний стрес, проте без жодних негативних наслідків.

З когнітивної точки зору імерсивність забезпечує ефект «просторової присутності», завдяки якому професійна лексика засвоюється не через переклад, а через безпосередню маніпуляцію з віртуальними об'єктами. Студент не просто зазубрює назви обладнання чи терміни кейтерингу, а взаємодіє з ними в 3D-просторі. Це активує сенсомоторні зони кори головного мозку та сприяє швидшому переходу знань із короткочасної до довготривалої пам'яті.

Для спеціальності «Туризм та рекреація» VR стає інструментом формування соціокультурної емпатії, дозволяючи віртуально переміщуватися в середовище носіїв мови для вивчення локального етикету та невербальних нюансів комунікації. Для створення віртуальних екскурсій та інтерактивних турів найчастіше використовують професійні платформи та програми. 3DVista дозволяє додавати «гарячі точки» (hotspots), відео всередині панорами, перемикає денне та нічне освітлення, а також інтегрувати вікторини чи музичний супровід. Rapo2VR забезпечує створення складних переходів, анімації та адаптацію туру під будь-які пристрої (від ПК до VR-шоломів). CloudRapo дозволяє розробляти брендові тури з кнопками прямого бронювання та аналітикою переглядів.

Таким чином, едютеймент у форматі віртуальної реальності трансформує вивчення мови з академічної дисципліни на прикладну навичку. Ігровий компонент знижує когнітивне навантаження та підвищує внутрішню мотивацію студентів завдяки миттєвому зворотному зв'язку від AI-аватарів. Це закладає фундамент професійної впевненості, критично важливої для успішної адаптації випускників на глобальному ринку послуг.

Для спеціальності «Готельно-ресторанна справа» технології віртуальної реальності (VR) є передусім інструментом ефективного маркетингу, стимулювання продажів та професійного навчання. У сфері маркетингу VR дає змогу створювати інтерактивні віртуальні тури номерами готелів, конференц-залами та інтер'єрами ресторанів. Це дає змогу потенційному гостю детально ознайомитися з сервісом ще до бронювання, що значно підвищує рівень довіри та конверсію. У напрямі підготовки кадрів VR виступає як безпечний тренажер для відпрацювання стандартів обслуговування, поведінки в конфліктних ситуаціях та освоєння складного обладнання без ризику реальних збитків. Наприклад, світовий лідер для створення «цифрових двійників» будівель Matterport завдяки спеціальним камерам або смартфону формує точну 3D-модель об'єкта (ефект «лялькового будиночка»), де гості можуть переходити з кімнати в кімнату, оглядати деталі інтер'єру та вимірювати відстані (наприклад, для планування банкетів). Популярна хмарна платформа Kuula цінується за простоту та швидкість роботи. Вона ідеально підходить для публікації 360-градусних панорам у соцмережах та на сайтах готелів, підтримуючи інтерактивні картки з описом послуг.

Таким чином, використання віртуальної реальності стає потужним засобом підвищення конкурентоспроможності бізнесу та інноваційним методом оптимізації операційних процесів у сучасній індустрії гостинності. Розвиток пов'язаний із впровадженням VR-комерції (бронювання та покупки всередині віртуального туру) та поєднання з ШІ для створення адаптивних симуляцій.

У майбутньому VR стане стандартом не лише для преміум-сегменту, а й для масового ринку як засіб зниження операційних витрат на помилки персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bailenson, J. Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do. New York : W. W. Norton & Company, 2018. 304 p. doi: 10.5406/amerjpsyc.132.4.0495
2. Dede, C. Immersive Interfaces for Engagement and Learning. Science, vol. 323, no. 5910, pp. 66–69, Jan. 2009. doi : 10.1126/science.1167311
3. Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. Enhancing Learning through Virtual Reality. Frontiers in Robotics and AI, vol. 3, p. 65, Oct.2016. doi: 10.3389/frobt.2016.00065.
4. Mayer, R. E. Multimedia Learning. 3rd ed. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2020. 433p. doi:10.1017/9781316941355
5. С. В., Богачков Ю. М., О. Ю. Буров, С. Г. Литвинова, Ю. Г. Носенко, Імерсивні технології для підтримки змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти : метод. рек. Київ, Україна: ЦО НАПН України, 2023. doi:10.33407/lib.naes.id/eprint/746953

УДК 004.92

ВИКОРИСТАННЯ РОЗПАРАЛЕЛЕННЯ У СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

БОБКО О.Л. (oleksii.bobko@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто особливості використання розпаралелення у сучасних комп'ютерних іграх. Проаналізовано основні напрями паралельної обробки даних, зокрема графіку, фізичне моделювання, штучний інтелект, звук, мережеву взаємодію та організацію ігрового циклу. Окреслено проблеми синхронізації, балансування навантаження та перспективи подальшого розвитку паралельних підходів.

Використання розпаралелення у комп'ютерних іграх є одним із основних напрямів підвищення продуктивності сучасних ігрових систем, оскільки складність обчислень постійно зростає разом із вимогами до якості графіки, фізичного моделювання та штучного інтелекту. Суть розпаралелення полягає у поділі складної задачі на декілька менших підзадач, які можуть виконуватися одночасно на різних обчислювальних вузлах. Такий підхід дозволяє значно скоротити час виконання обчислень і забезпечити плавність ігрового процесу навіть за умов великого навантаження на систему. У сучасних іграх розпаралелення застосовується практично на всіх рівнях обробки даних, починаючи від формування зображення і закінчуючи логікою поведінки ігрових об'єктів [1-4].

Одним із головних напрямів використання розпаралелення є обробка графіки [2]. Побудова зображення у реальному часі вимагає виконання великої кількості однотипних обчислень, наприклад визначення кольору кожного пікселя, обчислення освітлення, тіней та відбивання світла. Завдяки розпаралеленню ці операції можуть виконуватися одночасно для великої кількості елементів зображення. Це дозволяє досягти високої деталізації сцен і реалістичності без значного зниження швидкодії. Крім того, сучасні ігри активно використовують багаторівневу організацію обчислень, де різні етапи обробки зображення виконуються незалежно один від одного, що ще більше підвищує ефективність.

Іншим важливим аспектом є фізичне моделювання [3]. У комп'ютерних іграх необхідно обчислювати взаємодію великої кількості об'єктів: зіткнення, рух, інерція, деформації. Ці процеси за своєю природою добре паралелізуються, оскільки обчислення для окремих об'єктів або груп об'єктів можуть виконуватися незалежно. Наприклад, обчислення траєкторії руху одного об'єкта не завжди потребує негайного врахування стану всіх інших об'єктів, що дозволяє розподілити ці

обчислення між кількома потоками виконання. У результаті досягається більш реалістична поведінка об'єктів без перевантаження системи.

Розпаралелення відіграє важливу роль і в реалізації штучного інтелекту [4]. У сучасних іграх одночасно може діяти велика кількість персонажів, кожен із яких має власну логіку поведінки. Обчислення рішень для кожного персонажа може виконуватися незалежно, що створює природні умови для розпаралелення. Це дозволяє створювати складніші моделі поведінки, підвищуючи реалістичність ігрового світу. Крім того, розпаралелення дає змогу використовувати складні алгоритми аналізу ситуації, які були б занадто повільними при послідовному виконанні.

Окремо варто відзначити обробку звуку. У комп'ютерних іграх звук є важливою складовою занурення користувача у віртуальний світ. Формування звукового середовища включає обробку багатьох джерел звуку, накладання ефектів, моделювання відбивання та затухання. Ці процеси також можуть виконуватися паралельно, що дозволяє забезпечити високу якість звуку без впливу на загальну продуктивність гри.

Розпаралелення активно використовується і при роботі з мережею у багатокористувацьких іграх. Обробка даних від різних гравців, синхронізація стану гри та передача інформації можуть виконуватися одночасно, що дозволяє зменшити затримки та забезпечити плавний ігровий процес. Це особливо важливо для динамічних ігор, де навіть незначні затримки можуть суттєво вплинути на результат.

Ще одним напрямом є організація ігрового циклу. У традиційній моделі всі етапи такі як: обробка введення, оновлення стану гри, формування зображення виконуються послідовно. Однак, завдяки використанню розпаралелення ці етапи можуть виконуватися одночасно або частково перекриватися у часі. Наприклад, поки один потік виконує обчислення фізики, інший може обробляти введення користувача, а третій – готувати дані для виведення на екран. Такий підхід дозволяє ефективніше використовувати ресурси системи.

Варто також зауважити, що разом з підвищенням продуктивності обчислень паралельне виконання додає і проблемні точки. Такою проблемою є синхронізація. Оскільки різні частини програми виконуються одночасно, необхідно забезпечити узгодженість доступу до спільних даних. Неправильна організація синхронізації може призвести до помилок, які важко виявити, або до зниження продуктивності через надмірні затримки. Тому розробка паралельних алгоритмів вимагає ретельного планування структури даних і способів взаємодії між потоками виконання.

Ще однією складністю є нерівномірність навантаження. Деякі задачі можуть вимагати більше часу на виконання, ніж інші, що призводить до простою частини обчислювальних ресурсів. Для вирішення цієї проблеми використовуються методи балансування навантаження, які дозволяють рівномірно розподіляти задачі між доступними ресурсами. Це особливо важливо для ігор із великим відкритим світом, де кількість об'єктів і складність обчислень можуть значно змінюватися залежно від ситуації.

Розпаралелення також тісно пов'язане з архітектурою сучасних обчислювальних систем. Більшість сучасних пристроїв мають декілька обчислювальних ядер, що створює природні умови для паралельного виконання програм. Ефективне використання цих можливостей дозволяє значно підвищити продуктивність без необхідності збільшення частоти роботи процесора. У контексті комп'ютерних ігор це означає можливість створення більш складних і реалістичних світів.

З розвитком технологій роль розпаралелення у комп'ютерних іграх буде лише зростати. З'являються нові підходи до організації обчислень, які дозволяють ще ефективніше використовувати ресурси системи. Зокрема, активно досліджуються методи автоматичного розподілу задач, які зменшують складність розробки паралельних програм. Це відкриває нові можливості для створення ігор із високим рівнем деталізації та складною поведінкою об'єктів.

Таким чином, розпаралелення є невід'ємною складовою сучасних комп'ютерних ігор. Воно дозволяє значно підвищити продуктивність, забезпечити високу якість графіки, реалістичність фізики та складність штучного інтелекту. Незважаючи на певні труднощі, пов'язані з його використанням, переваги розпаралелення роблять його одним із найважливіших інструментів у розробці ігор. У майбутньому можна очікувати подальшого розвитку цього напрямку, що призведе до появи ще більш реалістичних і захоплюючих ігрових світів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] J. Gregory, *Game Engine Architecture*, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2018.

- [2] T. Akenine-Möller, E. Haines, N. Hoffman, A. Pesce, M. Iwanicki, and S. Hillaire, Real-Time Rendering, 4th ed. Boca Raton, FL, USA: A K Peters/CRC Press, 2018.
- [3] I. Millington, Game Physics Engine Development: How to Build a Robust Commercial-Grade Physics Engine for Your Game, 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2010.
- [4] G. M. Amdahl, "Validity of the single processor approach to achieving large scale computing capabilities," in Proc. AFIPS Spring Joint Computer Conf., 1967, pp. 483–485.
- [5] D. Blythe, "The Direct3D 10 system," ACM Trans. Graph., vol. 25, no. 3, pp. 724–734, Jul. 2006.

УДК 004.7

ІГРОВА ІМЕРСІЯ У ВИКЛАДАННІ КІБЕРБЕЗПЕКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

БОЖКО Н.В. (nadia79bogko@ukr.net)

ВСП «Фаховий коледж Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова»

Результати досліджень містять опис авторського підходу до впровадження ігрової імерсії у процес підготовки фахівців у галузі «Комп'ютерна інженерія». Розглянуто методику створення навчального симулятора-квесту «Cyber-Fixer», що дозволяє трансформувати вивчення мережевих протоколів у прикладний процес виявлення кіберзагроз. Виявлено ефективність використання рольової моделі «цифрового детектива» та інтерактивних сценаріїв, таких як моделювання атак типу MITM, для зниження когнітивного навантаження та підвищення рівня засвоєння матеріалу студентами коледжу.

Сучасна підготовка фахівців у галузі «Комп'ютерна інженерія» стикається з проблемою абстрактності навчального матеріалу, особливо на початкових етапах. Рівні моделі OSI, протокольні взаємодії та механізми маршрутизації залишаються для студентів формальними конструкціями, позбавленими відчутної практичної прив'язки. Дослідження показують, що залучення студентів до активних сценаріїв дозволяє подолати «бар'єр пасивного сприйняття», притаманний класичним лекційним курсам [1, с. 42]. У відповідь на цю проблему пропонується концепція навчання через ігрову імерсію, де мережевий пакет інтерпретується не як сукупність бітів, а як «конверт з доказами». Порушення його цілісності або автентичності перетворюється на сюжетну подію, що потребує негайного реагування. Така метафоризація дозволяє створити когнітивний міст між теорією та практикою.

У межах дослідження розроблено симулятор-квест «Cyber-Fixer», який трансформує лабораторну роботу у багаторівневий сценарій реагування на кіберінциденти. Студент виступає в ролі системного адміністратора, який отримує повідомлення про аномальну поведінку корпоративної мережі. Кожен рівень квесту відповідає окремому сегменту мережевої інфраструктури, а просування відбувається через виконання конкретних технічних дій. Наприклад, коректне налаштування правил фільтрації трафіку або усунення конфлікту IP-адрес відкриває доступ до наступного етапу. Таким чином забезпечується верифікація цілісності ігрового сценарію, де кожне рішення має безпосередній вплив на розвиток подій.

Для посилення змагального ефекту в межах коледжу доцільно впроваджувати елемент «таблиці лідерів» (Leaderboard), де враховується не лише факт усунення вразливості, а й швидкість реакції та мінімальна кількість помилкових запитів до фаєрволу. Це змушує студента діяти аналітично, а не шляхом перебору варіантів.

Важливим доповненням до методики є конкретизація навчального середовища через топологічну модель мережі та інтерактивні підказки у вигляді скриптів. Запропонована базова топологія включає маршрутизатор, комутатор другого рівня, сервер та декілька клієнтських вузлів. Один із вузлів виконує роль потенційного зловмисника. Сегментація мережі дозволяє

моделювати як внутрішні, так і зовнішні загрози. У структурі квесту ця топологія подається як «карта місцевості», де кожен вузол має свою роль у сюжеті.

Особливо цікавим практичним досвідом є введення у сценарій «прихованого вузла» - IoT-пристрою з незахищеним сервісом. Студент має самостійно виявити його за допомогою сканування мережі, ідентифікувати як вектор атаки та ізолювати в окремий VLAN. Це демонструє реальні виклики сучасних КСМ, де периметр захисту розмивається пристроями «розумного офісу».

Для підсилення ефекту імерсії студентам пропонується «цифрова підказка», яка інтегрується у сценарій як елемент діалогу. Прикладом може бути Bash-скрипт для первинної діагностики:

```
#!/bin/bash
echo "[СИСТЕМА]: Сканування мережі..."
arp -a
echo "[АНАЛІЗ]: Перевірте відповідність IP та MAC-адрес."
echo "[ПІДКАЗКА]: Якщо знайдено дублікати - це може бути атака MITM."
```

У більш просунутому варіанті студентам надається Python-скрипт для автоматизованого аналізу:

```
import os

print("[Cyber-Fixer]: Аналіз ARP-таблиці...")
arp_table = os.popen("arp -a").read()

mac_dict = {}
for line in arp_table.split("\n"):
    if "-" in line:
        parts = line.split()
        ip = parts[0]
        mac = parts[1]
        if mac in mac_dict:
            print(f"[ЗАГРОЗА]: MAC {mac} використовується для {ip} та {mac_dict[mac]}")
        else:
            mac_dict[mac] = ip

print("[РЕКОМЕНДАЦІЯ]: Розгляньте можливість фіксації ARP або перевірки DHCP Snooping.")
```

Інтеграція таких елементів створює ефект «живої системи», що відповідає принципам адаптивного навчання.

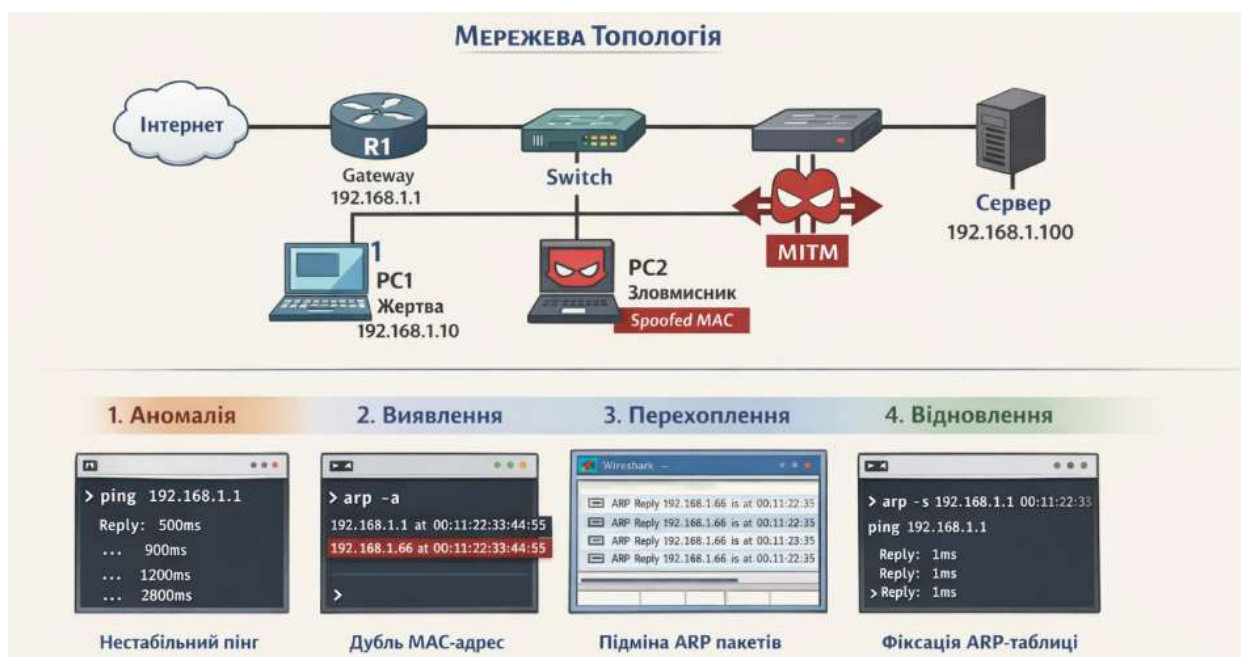


Рис 1 – Структура навчального сценарію виявлення та нейтралізації MITM-атаки в симуляторі Cyber-Fixer

Центральним елементом методики залишається сценарій, що моделює атаку типу МІТМ (Man-in-the-Middle). Завдання починається з появи непрямих ознак проблеми: нестабільності затримок або втрати пакетів. Студент переходить до фази виявлення, де виявлення однакових MAC-адрес для різних IP подається як знаходження «цифрових відбитків зловмисника». Подальші дії передбачають активне втручання: фіксацію статичних записів або налаштування Port Security на комутаторі. Важливо, що використання динамічних сценаріїв дозволяє реалізувати механіку «відкладених наслідків»: якщо студент усунув наслідок атаки, але не закрити уразливість у конфігурації, система через певний час імітує повторний злам [2, с. 115].

Візуалізація ігрового сценарію, що відображає послідовність виявлення та усунення МІТМ-атаки, наведена на рисунку 1. Представлена модель поєднує топологію мережі та етапи аналізу інциденту, що дозволяє студенту сформулювати цілісне уявлення про процеси кіберзахисту.

Застосування такої візуалізації забезпечує зниження абстрактності навчального матеріалу та підвищує ефективність інтерпретації мережевих аномалій.

Запропонований підхід демонструє низку переваг. По-перше, знижується когнітивне навантаження: протоколи розглядаються як інструменти вирішення проблеми. По-друге, формується емоційний відгук. Крім того, такий підхід реалізує концепцію «навчання без страху перед помилкою», оскільки віртуальне середовище забезпечує безпечний простір для експериментів із критичними налаштуваннями.

Наукова новизна дослідження полягає у переході від статичного представлення вразливостей до моделі їх динамічного відтворення в інтерактивному середовищі. Вперше запропоновано конвергенцію ігрових механік та навчальних стандартів безпеки як єдину дидактичну систему. Така трансформація узгоджується із сучасними тенденціями дуальної освіти, де симулятор виступає прототипом реального робочого місця фахівця SOC (Security Operations Center) [3, с. 88]. Емпіричні спостереження свідчать про підвищення рівня засвоєння матеріалу на 30–40 % у порівнянні з традиційними методами.

Впровадження ігрових симуляторів у навчальний процес коледжу сприяє формуванню цілісного бачення кібербезпеки як активної діяльності. Практична інтеграція топологічних моделей і сценарних підказок забезпечує високий рівень залучення студентів та формує стійкі професійні навички, необхідні для роботи в умовах реальних кіберзагроз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зайцев С. В., Кулик А. С. Гейміфікація професійної підготовки фахівців з інформаційних технологій у закладах фахової передвищої освіти. Інноваційна педагогіка. 2024. Вип. 68. С. 40–45.
2. Смирнов О. А., Гайдайчук В. С. Моделювання кіберзагроз у віртуалізованих мережевих середовищах: навчально-методичний аспект. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2025. № 2 (26). С. 112–118.
3. Johnson L., Adams Becker S. The Game of Defense: Cybersecurity Education through Interactive Simulations. Journal of Computer Assisted Learning. 2023. Vol. 39, Issue 4. P. 85–92.

УДК 378.147:51:004.9

ПОЄДНАННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ГЕЙМІФІКОВАНИХ ПІДХОДІВ У ВИКЛАДАННІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ: ДИДАКТИЧНИЙ АСПЕКТ

В.М. КУЗНЕЦОВ, Т.М. БУСАРОВА, Т.С. ГРИШЕЧКІНА (t.s.hryshechkina@ust.edu.ua),
Український державний університет науки і технологій

У роботі розглядаються дидактичні аспекти поєднання традиційних і гейміфікованих підходів у викладанні вищої математики. Проаналізовано переваги та недоліки гейміфікації як інструменту активізації навчальної діяльності студентів. Наведено приклади застосування елементів гейміфікації при вивченні лінійної алгебри, визначеного інтеграла та диференціальних рівнянь. Обґрунтовано доцільність використання гейміфікації як допоміжного методу за умови

збереження строгості математичного змісту. Сформульовано висновки щодо ефективності комбінованого підходу у сучасній вищій школі.

Сучасний етап розвитку вищої освіти характеризується зростанням ролі активних та інтерактивних методів навчання, що зумовлено необхідністю підвищення мотивації студентів та їх залученості до освітнього процесу. Особливої актуальності це набуває при викладанні вищої математики, яка традиційно сприймається як складна та абстрактна дисципліна. У цьому контексті постає проблема доцільного поєднання класичних дидактичних підходів із сучасними інструментами, зокрема гейміфікацією.

Метою даної роботи є аналіз можливостей і обмежень використання гейміфікації у викладанні вищої математики та обґрунтування ефективності її поєднання з традиційними методами навчання.

До основних завдань дослідження належать:

- аналіз дидактичних функцій гейміфікації;
- визначення її позитивних і негативних сторін;
- розгляд прикладів застосування у курсах вищої математики;
- обґрунтування доцільності комбінованого підходу.

Традиційне викладання вищої математики базується на системності, логічній послідовності, строгості доведень та формуванні аналітичного мислення. Водночас, на жаль, сучасні здобувачі освіти іноді демонструють зниження навчальної мотивації, що пов'язано з високим рівнем інформаційного навантаження і, головне, наявністю численних відволікаючих факторів. У таких умовах гейміфікація може виступати ефективним засобом активізації навчального процесу.

Позитивні аспекти гейміфікації полягають у підвищенні мотивації студентів, формуванні інтересу до навчання та забезпеченні швидкого зворотного зв'язку. Використання елементів змагання, балів, рівнів складності сприяє залученню студентів до активної роботи. Наприклад, при вивченні лінійної алгебри можна застосовувати командні завдання з розв'язування систем лінійних рівнянь, де кожне правильне рішення дозволяє перейти до складнішого рівня. Це стимулює не лише індивідуальну, а й колективну діяльність.

У темі «Визначений інтеграл» гейміфікація може реалізовуватися через задачі на обчислення площ із візуалізацією результатів. Це сприяє кращому розумінню геометричного змісту інтеграла.

При вивченні диференціальних рівнянь, наприклад, можна застосувати ігру «Рятуємо систему стабільності»: система в лабораторії нестабільна і її треба «запустити» знову, розв'язуючи диференціальні рівняння, щоб регулювати процеси (температура, швидкість реакції, рівень рідини). Кожне правильно розв'язане рівняння «ремонт» частину системи.

Разом із тим гейміфікація має низку недоліків. Однією з основних проблем є ризик зниження глибини засвоєння матеріалу, коли студенти орієнтуються на отримання балів, а не на розуміння суті. Крім того, надмірне використання ігрових елементів може призвести до формалізації навчального процесу та втрати його академічної серйозності. Навчання стає залежним від «стимулів». Частина сильних студентів може сприймати гейміфікацію як недоречну для вищої освіти, що знижує її ефективність.

Також слід враховувати збільшення навантаження на викладача, пов'язаного з підготовкою гейміфікованих матеріалів, а також можливу нерівність у залученні студентів до навчального процесу. Активні студенти отримують перевагу, тоді як менш підготовлені можуть втрачати мотивацію.

З огляду на зазначене, доцільним є використання гейміфікації як допоміжного інструменту, а не основного методу навчання. Ефективним підходом є інтеграція окремих гейміфікованих елементів у традиційну структуру заняття, що дозволяє зберегти академічну строгість і водночас підвищити зацікавленість студентів.

Таким чином, поєднання традиційних і гейміфікованих підходів у викладанні вищої математики є перспективним напрямом удосконалення освітнього процесу. Воно сприяє підвищенню мотивації студентів, активізації їх пізнавальної діяльності та покращенню засвоєння навчального матеріалу за умови раціонального та педагогічно обґрунтованого використання. Гейміфікація ефективна лише тоді, коли вона не замінює класичне фундаментальне навчання, а

лише доповнює його. На погляд авторів, оптимальний варіант для вищої математики це поєднання класичної строгості (70-80%) і гейміфікації (20-30%).

Висновки.

1. Гейміфікація є ефективним інструментом підвищення мотивації студентів.
2. Вона має як позитивні, так і негативні сторони, що потребує обережного застосування.
3. Найбільш доцільним є поєднання гейміфікації з традиційними методами навчання.
4. Застосування гейміфікації у вищій математиці повинно зберігати її логічну строгість і науковий характер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] K. Werbach and D. Hunter, For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Philadelphia, PA, USA: Wharton Digital Press, 2012.
- [2] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From Game Design Elements to Gamefulness: Defining 'Gamification'," in Proc. 15th Int. Academic MindTrek Conf., 2011, pp. 9–15.
- [3] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, "Does Gamification Work? — A Literature Review of Empirical Studies," in Proc. 47th Hawaii Int. Conf. System Sciences, 2014, pp. 3025–3034.
- [4] I. M. Glover, "Play as You Learn: Gamification as a Technique for Motivating Learners," in Proc. World Conf. Educational Multimedia, 2013, pp. 1999–2008.
- [5] A. I. Kapp, The Gamification of Learning and Instruction. San Francisco, CA, USA: Pfeiffer, 2012.

УДК 004.82:37.018.43

МОДЕЛЬ ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ МЕХАНІК В ОНТОЛОГО-КЕРОВАНОМУ ЕЛЕКТРОННОМУ КУРСІ

ВИХОВАНЕЦЬ Д. Д.

(e-mail: vykhovanets.dmitriy@gmail.com)

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Розглянуто модель використання ігрових механік в онтолого-керованому електронному курсі. Запропоновано підхід, за якого ігрові елементи не додаються до курсу як зовнішній мотиваційний компонент, а семантично пов'язуються з результатами навчання, навчальними завданнями, засобами оцінювання та індивідуальною освітньою траєкторією здобувача освіти. Обґрунтовано доцільність використання онтологічної моделі для формалізації зв'язків між змістом курсу, рівнями складності, завданнями, досягненнями, підказками та правилами адаптації.

Ключові слова: електронний курс, онтологічна модель, гейміфікація, ігрові механіки, індивідуальна освітня траєкторія, адаптивне навчання, засоби оцінювання.

Сучасні електронні курси дедалі активніше використовуються у закладах вищої освіти як інструмент організації, супроводу та контролю навчального процесу. Вони забезпечують доступ до навчальних матеріалів, тестових завдань, електронних журналів, інтерактивних ресурсів та інших засобів дистанційного навчання. Водночас значна частина таких курсів залишається переважно інформаційно-репродуктивною: здобувач освіти отримує матеріали, виконує завдання, проходить тестування, однак не завжди бачить логіку власного просування, зв'язок між окремими завданнями та очікуваними результатами навчання. Індивідуальна освітня траєкторія здобувача вищої освіти в нормативному розумінні визначається як персональний шлях реалізації його особистісного потенціалу. У межах запропонованої моделі це поняття конкретизується як послідовність навчального просування в електронному курсі, що формується з урахуванням виконаних завдань, результатів оцінювання, рівня складності та правил адаптації.

Одним із підходів до підвищення мотивації здобувачів освіти є гейміфікація, тобто використання ігрових елементів у неігровому середовищі [1]. У цьому дослідженні ігрові механіки

розглядаються як способи організації навчальної взаємодії, що ґрунтуються на використанні окремих елементів ігрового дизайну, зокрема балів, рівнів, викликів, позначок досягнень, індикаторів прогресу, підказок і швидкого зворотного зв'язку. Систематичні огляди підтверджують, що гейміфікація електронного навчання у вищій освіті потребує обґрунтованого відбору та поєднання ігрових елементів, а не їх формального додавання до курсу [2, 3].

Актуальною є проблема створення такої моделі гейміфікації електронного курсу, у якій ігрові механіки інтегруються не лише з інтерфейсом або мотиваційним блоком, а з внутрішньою семантичною структурою курсу. Перспективним засобом для цього є онтологічний підхід, який дає змогу формально описати поняття предметної галузі, зв'язки між ними, навчальні завдання, засоби оцінювання та умови переходу між окремими фрагментами курсу [4–8].

Метою дослідження є розроблення концептуальної моделі використання ігрових механік в онтолого-керованому електронному курсі. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: окреслити проблему фрагментарного використання гейміфікації; визначити основні компоненти онтологічної моделі курсу; запропонувати спосіб зв'язування ігрових механік із результатами навчання, завданнями та засобами оцінювання; описати логіку адаптації навчальної траєкторії здобувача освіти.

Запропонована модель ґрунтується на поданні електронного курсу як семантично організованої системи, у якій кожен навчальний елемент має визначене місце у загальній структурі курсу. Основними компонентами такої моделі є результати навчання, тематичні модулі, навчальні поняття, навчальні завдання, засоби оцінювання, ігрові механіки, правила адаптації та профіль здобувача освіти.

Формально модель використання ігрових механік в онтолого-керованому електронному курсі можна подати у вигляді кортежу:

$$M = (R, C, Z, E, G, P, L, A), \quad (1)$$

де R – множина результатів навчання;

C – множина змістових компонентів курсу;

Z – множина навчальних завдань;

E – множина засобів оцінювання;

G – множина ігрових механік;

P – профіль здобувача освіти;

L – множина семантичних зв'язків між компонентами моделі;

A – множина правил адаптації навчальної траєкторії.

Результати навчання визначають, які знання, уміння або компетентності має продемонструвати здобувач освіти після проходження певного фрагмента курсу. Тематичні модулі й навчальні поняття формують змістову структуру курсу, навчальні завдання описують конкретні дії здобувача освіти, а засоби оцінювання фіксують, на основі яких результатів можна зробити висновок про досягнення певного результату навчання.

Ігрові механіки в запропонованій моделі не існують ізольовано. Кожна з них повинна мати семантичний зв'язок із навчальною метою. Наприклад, позначка досягнення або цифрова нагорода може надаватися не просто за факт проходження теми, а за підтверджене досягнення конкретного результату навчання; рівень може відповідати глибині засвоєння групи понять; етап курсу може бути пов'язаний із комплексним навчальним завданням, виконання якого перевіряється відповідним засобом оцінювання.

Для опису запропонованої моделі доцільно використовувати не надмірно деталізований перелік формальних класів, а узагальнені онтологічні сутності з усталеними українськими назвами: результат навчання, тематичний модуль, навчальне поняття, навчальне завдання, засіб оцінювання, ігрова механіка, рівень складності, підказка, цифрова нагорода або позначка досягнення, стан здобувача освіти. Між ними можуть встановлюватися семантичні зв'язки: підтримує, потребує, оцінюється через, підтверджує, відкриває доступ до, має рівень складності, рекомендовано для. Приклад такого зв'язування наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Семантичне зв'язування ігрових механік в онтолого-керованому електронному курсі

Ігрова механіка	Семантичний зв'язок у моделі	Навчальна функція
Нагорода	Результат оцінювання підтверджує досягнення результату навчання; результат навчання відкриває позначку досягнення	Фіксація підтвердженого досягнення результату навчання
Рівень складності	Навчальне завдання має рівень складності; поняття потребує попереднього опанування інших понять	Адаптація складності та поетапне ускладнення навчання
Ігровий елемент	Завдання спирається на поняття і перевіряється засобом оцінювання	Навігація здобувача освіти через змістові блоки курсу
Підказка	Стан здобувача освіти вказує на прогалину; підказка підтримує відповідне поняття	Компенсація прогалин і підтримка індивідуальної освітньої траєкторії

На відміну від традиційної гейміфікації, що часто реалізується через додавання балів, позначок досягнень або рейтингів до вже готового електронного курсу, запропонований підхід передбачає семантичне включення ігрових механік у структуру курсу. Це означає, що кожен ігровий елемент пов'язується не лише з дією здобувача освіти в системі управління навчанням, а й з конкретним результатом навчання, поняттям предметної галузі, навчальним завданням або засобом оцінювання.

Якщо здобувач освіти успішно виконує завдання, що є засобом оцінювання для певного результату навчання, система може відкрити наступне навчальне завдання або надати позначку досягнення, що підтверджує опанування відповідного поняттєвого блоку. Якщо здобувач освіти допускає помилки у завданнях, пов'язаних із певним поняттям, онтологічна модель дає змогу визначити, які попередні поняття могли бути засвоєні недостатньо, і запропонувати додаткове навчальне завдання або підказку.

Запропонована модель узгоджується з підходами, у яких онтології використовуються для формального поєднання гейміфікаційних, педагогічних і студентських моделей. В українських дослідженнях останніх років онтологічний інжиніринг розглядається як засіб формалізованого подання знань і підтримки міждисциплінарних процесів в освіті, а семантичні технології застосовуються для інформаційної підтримки персональних навчальних траєкторій. Це підвищує доцільність використання онтологічного підходу саме для адаптивного керування електронним курсом.

Таким чином, онтолого-керована гейміфікація дозволяє перейти від статичної моделі електронного курсу до адаптивної моделі навчальної взаємодії. У ній ігрові механіки виконують не лише мотиваційну, а й навігаційну, діагностичну та аналітичну функції. Вони допомагають здобувачеві освіти бачити власний шлях у курсі, розуміти значення кожного завдання, отримувати своєчасний зворотний зв'язок і поступово рухатися від простіших навчальних дій до складніших.

Практичне використання моделі може бути реалізоване в системах дистанційного навчання через додатковий інтелектуальний модуль, який взаємодіє із системою управління навчанням за допомогою стандартних інтерфейсів. Такий модуль може зберігати онтологічний опис курсу, обробляти дані про виконання навчальних завдань здобувачем освіти, визначати рівень досягнення результатів навчання та активувати відповідні ігрові механіки.

Отже, запропонована модель спрямована на подолання розриву між мотиваційними інструментами гейміфікації та змістовою структурою навчальної дисципліни. Онтологічний підхід може бути використаний як основа для формалізації зв'язків між результатами навчання, поняттями, завданнями, засобами оцінювання та ігровими механіками. Це створює передумови для адаптивного керування навчальною траєкторією, підвищення прозорості оцінювання, посилення мотивації здобувачів освіти та покращення якості електронного курсу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From game design elements to gamefulness: defining 'gamification'," in Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, 2011, pp. 9–15. DOI: <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

- [2] A. Khaldi, R. Bouzidi, and F. Nader, "Gamification of e-learning in higher education: a systematic literature review," *Smart Learning Environments*, vol. 10, no. 1, article 10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00227-z>
- [3] Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, K. A. Shurupova, V. M. Zinchenko, and A. V. Puhach, "Gamification in higher education: methodology," *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3844, pp. 96–106, 2024. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-3844/paper13.pdf>
- [4] А. В. Палагин, С. Л. Крытый, and Н. Г. Петренко, *Онтологические методы и средства обработки предметных знаний*. Луганск: Изд-во ВЛУ им. В. Даля, 2012, 323 с.
- [5] O. Palagin, M. Petrenko, and K. Malakhov, "Challenges and Role of Ontology Engineering in Creating the Knowledge Industry: A Research-Related Design Perspective," *Cybernetics and Systems Analysis*, vol. 60, pp. 633–645, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10559-024-00702-6>
- [6] D. Dermeval, J. Albuquerque, I. I. Bittencourt, S. Isotani, A. P. da Silva, and J. Vassileva, "GaTO: An ontological model to apply gamification in intelligent tutoring systems," *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 2, article 13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/frai.2019.00013>
- [7] P. T. Palomino, A. M. Toda, L. Rodrigues, W. Oliveira, L. Nacke, and S. Isotani, "An ontology for modelling user' profiles and activities in gamified education," *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 18, article 018, 2023. DOI: <https://doi.org/10.58459/rptel.2023.18018>
- [8] J. Rogushina, A. Gladun, O. Anishchenko, and S. Pryima, "Semantic Support of Personal Learning Trajectory Development," *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3806, pp. 487–505, 2024. Available: https://ceur-ws.org/Vol-3806/S_19_Rogushina_Gladun_Anishchenko_Pryima.pdf

УДК 378.147:004.92:004.738.5

ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ДИЗАЙНЕРІВ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ЦИФРОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ПРОЦЕСІ FRONTEND-РОЗРОБКИ

ГАРМАТЕНКО О. М. (alex.garmatenko.m@gmail.com)
Запорізький національний університет

Актуальність дослідження зумовлена цифровою трансформацією дизайну та зростанням ролі UX/UI і frontend-технологій у професійній підготовці дизайнерів. У наукових працях підкреслюється значення людиноцентричного та інтерактивного підходів, однак недостатньо розкрито питання формування UX/UI-компетентностей у процесі опанування frontend-розробки. Це зумовлює потребу в інтеграції дизайн-проектування, вебтехнологій і мультимедійних засобів у систему підготовки фахівців.

Актуальність дослідження. Сучасний розвиток цифрових технологій, вебкомунікації та інтерактивних мультимедійних середовищ зумовлює трансформацію професійної діяльності дизайнера. Сьогодні дизайнер вебресурсів повинен не лише створювати візуально привабливий інтерфейс, а й забезпечувати ефективну цифрову взаємодію користувача з інформаційним середовищем. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема професійної підготовки майбутніх дизайнерів до frontend-розробки та проектування користувацького досвіду (UX/UI). Питання цифрового дизайну, UX/UI-проектування та інтерактивної взаємодії активно досліджуються у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Теоретичні засади цифрового дизайну та взаємодії людини з комп'ютером висвітлено у дослідженнях Д. Нормана, С. Круга, А. Купера, Дж. Гарретта. Зокрема, Д. Норман акцентує увагу на важливості людиноцентричного підходу у проектуванні цифрових продуктів [1]. С. Круг розглядає принципи інтуїтивної взаємодії користувача з вебінтерфейсами та наголошує на необхідності спрощення навігації й структури цифрових ресурсів [2]. Дж. Гарретт визначає UX-дизайн як комплексне проектування користувацького досвіду в цифровому середовищі [3].

Проблеми розвитку сучасної дизайн-освіти, цифровізації професійної підготовки дизайнерів та інтеграції інформаційних технологій у мистецьку освіту активно досліджуються сучасними українськими науковцями. Зокрема, Г. Чемерис та О. Брянцев досліджують питання модернізації

дизайн-освіти в умовах цифрової трансформації. Науковці наголошують, що сучасна підготовка дизайнерів має враховувати розвиток цифрових технологій, міждисциплінарність та інтеграцію інформаційно-комунікаційних інструментів у професійну діяльність майбутніх фахівців [4]. Дослідники підкреслюють необхідність оновлення змісту дизайн-освіти відповідно до сучасних цифрових викликів. У дисертації О. Брянцева розглянуто теоретичні та методичні засади професійної підготовки дизайнерів, зокрема до роботи в сучасному цифровому середовищі [5]. Проблеми розвитку дизайн-освіти в контексті сучасних суспільних трансформацій розглядає А. Бровченко. Науковець зазначає, що сучасна система підготовки дизайнерів потребує переорієнтації з виключно художньої підготовки на розвиток творчого мислення, командної взаємодії, цифрових компетентностей та здатності працювати у міждисциплінарному середовищі [6]. Питання інтеграції інноваційних технологій у дизайн-освіту висвітлено також у дослідженнях, присвячених STEM та STEAM-підходам. Зокрема, М. Цивін розглядає STEM-підхід як основу художньо-технічного проєктування та підготовки сучасного дизайнера [7]. В. Усов наголошує на значенні STEAM-технологій у розвитку креативного мислення та інтеграції комп'ютерних технологій у дизайн-освіту [8]. У дисертаційному дослідженні Г. Чемерис [9] авторка розглядає графічну компетентність як важливу складову професійної діяльності сучасного фахівця та наголошує на необхідності інтеграції цифрових технологій, візуальної комунікації та проєктної діяльності у процес навчання, зокрема в розрізі UX/UI-проєктування.

Отже, аналіз сучасних наукових досліджень свідчить про посилення уваги до проблем цифрової трансформації дизайн-освіти, розвитку цифрових компетентностей, UX/UI-проєктування та інтерактивної комунікації. Водночас проблема підготовки майбутніх дизайнерів до проєктування цифрової взаємодії у процесі frontend-розробки залишається недостатньо дослідженою та потребує подальшого науково-методичного обґрунтування. Водночас питання підготовки майбутніх дизайнерів саме до проєктування цифрової взаємодії у процесі frontend-розробки потребує подальшого наукового осмислення.

Постановка проблеми полягає у необхідності модернізації професійної підготовки майбутніх дизайнерів відповідно до сучасних вимог цифрового середовища. Розвиток frontend-технологій, інтерактивних вебінтерфейсів, адаптивного дизайну та мультимедійної комунікації зумовлює потребу у формуванні в майбутніх дизайнерів не лише художньо-проєктних умінь, а й компетентностей у сфері UX/UI-дизайну, вебтехнологій та цифрової взаємодії.

Метою дослідження є визначення особливостей підготовки майбутніх дизайнерів до проєктування цифрової взаємодії у процесі frontend-розробки вебресурсів.

Виклад основного матеріалу. У сучасному цифровому просторі UX/UI-дизайн виступає ключовим засобом комунікації між користувачем і вебресурсом. Інтерфейс забезпечує сприйняття інформації, навігацію, формування користувацького досвіду та ефективність взаємодії з цифровим продуктом. Якість його проєктування безпосередньо впливає на зручність використання вебресурсів, швидкість доступу до інформації та рівень залучення користувача. У зв'язку з цим професійна підготовка дизайнерів має бути спрямована на формування здатності створювати адаптивні, інтерактивні та функціонально доцільні інтерфейси відповідно до вимог сучасного UX/UI-дизайну. Сучасні цифрові продукти функціонують в умовах високої конкуренції та інформаційного перевантаження, що зумовлює необхідність людиноцентричного підходу до їх проєктування. У цьому контексті користувач розглядається як центральний елемент взаємодії, а UX/UI-дизайн забезпечує інтуїтивність навігації, логіку сценаріїв взаємодії та комфорт використання цифрового середовища. Ефективний інтерфейс сприяє доступності інформації, підвищенню якості комунікації та формуванню позитивного користувацького досвіду.

Frontend-розробка є невід'ємною складовою сучасної дизайн-діяльності, оскільки поєднує візуальне проєктування та технологічну реалізацію вебресурсів. Сучасний дизайнер має не лише створювати концепцію інтерфейсу, а й розуміти принципи його реалізації у цифровому середовищі. Це передбачає володіння базовими знаннями HTML, CSS, JavaScript, принципами адаптивного дизайну, usability-тестування та прототипування. Такі компетентності забезпечують глибше розуміння логіки вебресурсів і сприяють ефективній взаємодії між дизайнером і frontend-розробником. Знання frontend-технологій дозволяє дизайнеру враховувати технічні обмеження та можливості реалізації інтерфейсу, а також адаптувати дизайн до різних пристроїв і платформ. Це є

особливо важливим у командній розробці цифрових продуктів, де необхідна узгоджена робота дизайнерів, розробників та інших учасників проєкту.

Сучасна професійна підготовка дизайнерів повинна відповідати вимогам ринку праці, який потребує фахівців із поєднанням художньо-проєктних і технологічних компетентностей. У цьому контексті доцільним є використання практикоорієнтованого навчання, що передбачає створення реальних цифрових продуктів, командну роботу та моделювання професійних ситуацій. Важливу роль у підготовці майбутніх дизайнерів відіграють інтерактивні та мультимедійні технології. Використання сучасних цифрових інструментів, таких як Figma, Adobe XD, Webflow, дозволяє створювати інтерактивні прототипи, моделювати користувацькі сценарії та тестувати інтерфейси ще на етапі проєктування. Це сприяє розвитку проєктного мислення, візуальної культури та цифрової комунікації. Інтерактивне прототипування дає змогу аналізувати поведінку користувача, оцінювати ефективність навігації та вдосконалювати структуру цифрового продукту. У процесі навчання студенти набувають навичок врахування потреб цільової аудиторії, забезпечення доступності інтерфейсу та адаптації контенту до різних користувацьких сценаріїв.

Окремого значення набуває формування навичок адаптивного дизайну, оскільки сучасні користувачі взаємодіють із цифровими продуктами через різні пристрої. Це вимагає створення інтерфейсів, які забезпечують стабільну функціональність і зручність використання незалежно від платформи. Поряд із технічними компетентностями важливими є *soft skills*: комунікація, командна взаємодія, критичне мислення, креативність та здатність до аналізу потреб користувача. Ці навички є необхідними для ефективної роботи у міждисциплінарних командах, де взаємодіють дизайнери, frontend-розробники та UX-фахівці. Також важливою є готовність до постійного професійного розвитку, оскільки цифрові технології швидко змінюються.

Отже, підготовка майбутніх дизайнерів до проєктування цифрової взаємодії повинна базуватися на міждисциплінарному підході, що інтегрує дизайн, інформаційні технології, UX/UI-проєктування та мультимедійні засоби. Ефективність такої підготовки забезпечується поєднанням практикоорієнтованого навчання, frontend-розробки та використання інтерактивних цифрових інструментів. Це сприяє формуванню конкурентоспроможного фахівця, здатного ефективно працювати у сфері сучасного цифрового дизайну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] D. Norman, *The Design of Everyday Things*. New York, NY, USA: Basic Books, 2013.
- [2] S. Krug, *Don't Make Me Think*. Berkeley, CA, USA: New Riders, 2014.
- [3] J. J. Garrett, *The Elements of User Experience*. Berkeley, CA, USA: New Riders, 2011.
- [4] Г. Ю. Чемерис, Г. В. Брянцева, та О. А. Брянцев, “Шляхи вдосконалення дизайн-освіти в контексті стратегії цифрової трансформації освіти і науки України,” *Фізико-математична освіта*, т. 32, № 6, с. 49–56, 2021, doi: 10.31110/2413-1571-2021-032-6-008.
- [5] О. А. Брянцев, *Підготовка майбутніх дизайнерів до використання паперової інженерії в професійній діяльності*, дис. канд. пед. наук, Запорізький національний університет, Запоріжжя, 2025.
- [6] А. Бровченко, “Дизайн-освіта в контексті сучасних реалій,” *Молодь і ринок*, № 7–8, с. 112–116, 2023, doi: 10.24919/2308-4634.2023.287909.
- [7] М. Цивін, “STEM-підхід: інтерпретація у дизайн-освіті,” *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв*, № 2, с. 137–141, 2018, doi: 10.32461/2226-3209.2.2018.162752.
- [8] В. Усов, “STEAM – інноваційна технологія дизайн-освіти,” *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, № 218, с. 66–72, 2025, doi: 10.36550/2415-7988-2025-1-218-66-72.
- [9] Г. Ю. Чемерис, *Формування графічної компетентності майбутніх бакалаврів з комп'ютерних наук*, дис. д-ра філ., Мелітопольський державний педагогічний університет імені Б. Хмельницького, Мелітополь, Україна, 2020.

ЗАСТОСУВАННЯ ІГРОВИХ МЕХАНІК ДЛЯ РОЗВИТКУ СОФТ СКІЛІВ У СТУДЕНТІВ ІТ-СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

ГЛИНЧУК Л.Я. (lydmilaglin@ukr.net)

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

У роботі розглянуто можливості застосування ігрових механік для розвитку софт скілів у студентів ІТ-спеціальностей. Проаналізовано основні ігрові механіки та їх вплив на формування ключових компетентностей. Представлено практичний кейс впровадження гейміфікації у навчальному процесі та оцінено його результати. Встановлено, що використання гейміфікованих підходів сприяє підвищенню залученості студентів і розвитку їхніх софт скілів.

В умовах цифровізації суспільства та розвитку ІТ-галузі зростає попит на фахівців, які володіють не лише технічними компетентностями, але й розвиненими софт скілами, зокрема комунікацією, критичним мисленням, здатністю до командної роботи та адаптивністю [1]. Визначальну роль у формуванні таких компетентностей відіграє освітнє середовище, яке повинно забезпечувати практичну спрямованість навчання [2].

Разом з тим, традиційні методи навчання не завжди сприяють активному розвитку зазначених навичок, що актуалізує необхідність впровадження інноваційних підходів, зокрема гейміфікації.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні ефективності застосування ігрових механік для розвитку софт скілів у студентів ІТ-спеціальностей та визначення практичних підходів до їх використання.

Результати дослідження. У ході дослідження визначено, що інтеграція ігрових механік у навчальний процес дозволяє системно впливати на формування ключових софт скілів (таблиця 1.)

Таблиця 1 – Вплив ігрових механік на розвиток софт скілів

Ігрова механіка	Формат використання	Результат (софт скіли)
Бали та рейтинги	Оцінювання активності	Мотивація, відповідальність
Рівні	Поступове ускладнення	Наполегливість, саморозвиток
Командні квести	Робота в групах	Комунікація, співпраця
Імітаційна рольова гра	Імітація робочих ситуацій	Критичне мислення, рішення
Досягнення	Фіксація прогресу	Самооцінка, цілеспрямованість

Наведена у таблиці 1. систематизація ігрових механік демонструє їх цілеспрямований вплив на формування окремих груп софт скілів. Зокрема, мотиваційні механіки (бали, досягнення, рейтинги) стимулюють індивідуальну активність та відповідальність студентів, тоді як колаборативні підходи (командні квести, рольове моделювання) сприяють розвитку комунікаційних та соціальних компетентностей.

Важливою особливістю є те, що різні механіки можуть комбінуватися між собою, утворюючи комплексне гейміфіковане середовище, яке забезпечує не лише залучення студентів, але й формування практичного досвіду взаємодії. Такий підхід дозволяє інтегрувати розвиток софт скілів безпосередньо у процес засвоєння фахових дисциплін, що підвищує ефективність навчання загалом.

Практичний кейс впровадження гейміфікації. У рамках навчальної дисципліни з програмування було реалізовано гейміфікований підхід до виконання лабораторних робіт. Студентам пропонувалося виконувати завдання у форматі «квесту», де кожен етап передбачав досягнення певного рівня та отримання балів.

Група була поділена на команди по 3-4 особи, які працювали над вирішенням прикладної задачі (розробка міні-застосунку). Для ускладнення завдання використовувалися сценарні елементи, що моделювали реальні умови роботи ІТ-команди (обмеження часу, зміна вимог, розподіл ролей).

У результаті впровадження такого підходу було зафіксовано:

- підвищення рівня залученості студентів до виконання завдань;

- покращення якості командної взаємодії;
- формування навичок комунікації та прийняття рішень;
- зростання відповідальності за результат спільної роботи.

Отримані результати впровадження гейміфікованого підходу свідчать про його комплексний вплив на освітній процес. Зокрема, спостерігалось не лише підвищення рівня залученості студентів, але й якісні зміни у характері їхньої навчальної діяльності.

Було відзначено, що студенти почали більш активно ініціювати взаємодію в командах, самостійно розподіляти ролі та брати відповідальність за виконання окремих етапів завдання. Це свідчить про формування навичок самоорганізації та лідерства. Крім того, в умовах змінних сценаріїв (зміна вимог, обмеження часу) студенти демонстрували здатність швидко адаптуватися до нових умов та приймати обґрунтовані рішення.

Аналіз результатів також показав покращення якості виконання завдань, що можна пояснити підвищеним рівнем мотивації та емоційного залучення. Важливим є те, що гейміфікований формат сприяв зниженню рівня пасивності студентів і стимулював їх до активної участі у навчальному процесі.

Отримані результати узгоджуються з сучасними дослідженнями, які підтверджують ефективність гейміфікації як інструменту розвитку ключових компетентностей та підвищення якості освіти [1; 2; 3].

Таким чином, результати проведеного дослідження підтверджують доцільність та ефективність застосування ігрових механік у процесі підготовки студентів ІТ-спеціальностей. Встановлено, що гейміфікація створює сприятливе освітнє середовище, у якому поєднуються мотиваційні, когнітивні та соціальні аспекти навчання.

На відміну від традиційних підходів, гейміфіковане навчання забезпечує активну участь студентів у навчальному процесі, сприяє формуванню практичного досвіду взаємодії, а також стимулює розвиток ключових софт-скілів, необхідних для професійної діяльності в ІТ-сфері. Особливу ефективність продемонстрували такі механіки, як командні завдання та рольове моделювання, що дозволяють моделювати реальні професійні ситуації.

Крім того, встановлено, що інтеграція гейміфікації у навчальні дисципліни сприяє підвищенню якості освітнього процесу за рахунок зростання мотивації, залученості та відповідальності студентів. Це дозволяє розглядати гейміфікацію не як допоміжний елемент, а як повноцінний інструмент модернізації освітніх підходів.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці комплексних гейміфікованих освітніх середовищ із використанням сучасних цифрових технологій, зокрема 3D-моделювання та елементів штучного інтелекту, що дозволить підвищити рівень персоналізації навчання та його практичну спрямованість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1]. World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023> (дата звернення: 9.04.2026).
- [2]. Organisation for Economic Co-operation and Development. Skills for Jobs Database [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org> (дата звернення: 11.04.2026).
- [3]. European Commission. Key Competences for Lifelong Learning [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://education.ec.europa.eu> (дата звернення: 13.04.2026).

ГЕЙМІФІКАЦІЯ НАВЧАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «КІБЕРСПОРТ»

Т.С. ГРИШЕЧКИНА (t.s.hryshechkina@ust.edu.ua),
Український державний університет науки і технологій

Розглядається впровадження гейміфікованих механік у процес викладання дисципліни «Векторна і растрова графіка» для студентів спеціальності «Кіберспорт». Визначено методи підвищення мотивації через використання професійного контексту (дизайн ігрових атрибутів) та ігрових елементів оцінювання (досвід, досягнення). Досліджено вплив такого підходу на якість засвоєння інструментарію графічних редакторів.

Традиційні академічні методи викладання комп'ютерної графіки часто сприймаються студентами першого курсу як занадто абстрактні або відірвані від їхньої майбутньої професійної діяльності в індустрії кіберспорту. Це призводить до зниження інтересу, поверхневого засвоєння матеріалу та низької ефективності навчання. Водночас гейміфікація як педагогічна технологія довела свою ефективність у підвищенні мотивації та залученості в технічних дисциплінах, зокрема в комп'ютерних науках [1]. Відсутність адаптованих гейміфікованих методик саме для кіберспортивної спеціальності створює актуальну науково-практичну проблему.

Метою роботи є обґрунтування доцільності використання гейміфікації у процесі навчання дисципліни «Векторна і растрова графіка» студентів спеціальності «Кіберспорт» та розробка підходів до її впровадження.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасні підходи до гейміфікації в освіті;
- визначити основні елементи гейміфікації, доцільні для курсу комп'ютерної графіки;
- розробити модель впровадження гейміфікації у навчальний процес;
- оцінити вплив гейміфікації на мотивацію студентів.

Гейміфікація навчання передбачає використання ігрових механік у неігровому середовищі з метою підвищення залученості користувачів [2, 3]. У контексті викладання комп'ютерної графіки це може включати такі елементи, як система балів, рівнів, досягнень, рейтингів та ігрових завдань.

Запропоновано інтегрувати гейміфікацію у курс «Векторна і растрова графіка» шляхом:

- адаптації навчальних завдань з графіки під професійний контекст кіберспорту (створення логотипів команд, стрім-оверлеїв, ігрових інтерфейсів);
- введення рівневої структури навчання (від базових інструментів до складних проєктів) та впровадженню системи нелінійного проходження курсу (метод «дерева навичок»);
- впровадженню критеріїв оцінювання на основі ігрових механік (ХР — досвід, бали за «челенджі»).

Особливу увагу приділено поєднанню гейміфікації з практичною діяльністю, що сприяє формуванню професійних компетентностей студентів.

Сутність підходу полягає у трансформації навчального плану з «Векторної і растрової графіки» у метагру. Кожна лабораторна робота представлена як «квест» (Quest). Наприклад, вивчення векторних примітивів та кривих Безьє реалізується через завдання «Створення логотипу власної кіберкоманди». Робота з растровими шарами та масками подається як «Розробка концепт-арту або шкіни для персонажа».

Ключовими елементами гейміфікації виступили:

1. Progress Bar: Візуалізація прогресу студента в оволодінні конкретними інструментами (наприклад, «Майстер пера», «Експерт з ретуші»).
2. Boss Fight: Підсумкова робота, що вимагає синтезу всіх набутих навичок у складний проєкт (наприклад, повний стрім-пак для трансляції турніру).
3. Easter Eggs (Великодні яйця): Додаткові бали за використання прихованих або складних функцій ПЗ, які не входили в обов'язковий мінімум.

Такий підхід дозволив змістити акцент з отримання оцінки на процес «прокачування» професійних компетенцій, що є природним для даної аудиторії.

Очікується, що впровадження гейміфікації:

- підвищить мотивацію студентів до навчання;
- покращить засвоєння теоретичного матеріалу;
- сприятиме розвитку творчого мислення;
- підвищить рівень практичних навичок роботи з графічними редакторами.

Використання ігрових механік забезпечує глибоке занурення в матеріал, оскільки студенти бачать пряму прикладну цінність графічних навичок для їхньої кар'єри в кіберспорті. Поставлена задача щодо підвищення мотивації була вирішена через створення релевантного освітнього середовища.

У результаті дослідження встановлено, що гейміфікація є ефективним інструментом підвищення якості навчання комп'ютерної графіки студентів спеціальності «Кіберспорт». Запропонований підхід дозволяє підвищити мотивацію, активізувати навчальну діяльність та забезпечити формування практичних навичок. Подальші дослідження доцільно спрямувати на експериментальну перевірку ефективності запропонованої моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] S. Deterding et al., "From game design elements to gamefulness: Defining 'gamification'," in Proc. 15th Int. Academic MindTrek Conf., 2011, pp. 9–15, doi: <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>.

[2] A. Domínguez, J. Saenz-de-Navarrete, L. de-Marcos, L. Fernández-Sanz, C. Pagés, and J.-J. Martínez-Herráiz, "Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes," Comput. Educ., vol. 63, pp. 380–392, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>.

[3] Z. Zhan et al., "The effectiveness of gamification in programming education: A meta-analysis," Comput. Educ. Open, vol. 3, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X22000510> (accessed Apr. 7, 2026).

УДК 004.8:37.02

СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ З ІНФОРМАТИКИ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ДОРОЩУК Р.В. (E-mail: droma3977@gmail.com)

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Реферат. Сучасна освіта трансформується під впливом штучного інтелекту, який стає фундаментальною силою для створення індивідуалізованого та високоякісного навчального контенту. Використання ШІ-інструментів, таких як нейромережі для генерації текстів, коду та візуалізацій, дозволяє вчителям автоматизувати рутинні завдання та зосередитися на розвитку критичного мислення учнів. Практичне застосування технологій ChatGPT, GitHub Copilot та спеціалізованих сервісів візуалізації забезпечує адаптивність навчання та наочність складних алгоритмічних концепцій. Впровадження таких інновацій не лише оптимізує навантаження на педагога, а й стимулює цифрову грамотність та активну групову взаємодію здобувачів освіти. Водночас актуальними залишаються питання етичного використання ШІ, верифікації згенерованих даних та дотримання принципів академічної доброчесності в освітньому процесі.

В епоху цифрових технологій значно змінився підхід до підготовки навчальних матеріалів. Штучний інтелект (ШІ) є не просто технічною надбудовою, а фундаментальною рушійною силою для створення індивідуалізованого та інтерактивного контенту. Як зазначає Тітова Л., інтеграція ШІ-інструментів дозволяє радикально оптимізувати підготовку вчителя, забезпечуючи високу якість візуалізації складних абстрактних концепцій. Згідно з дослідженнями Годунової А., потенціал ШІ полягає у зміні доступу до навчальних матеріалів, що адаптуються під конкретну освітню траєкторію здобувача.

Дослідники підкреслюють, що ШІ може стати помічником вчителя, а не його заміною. Автоматизація рутинних завдань дозволяє зосередитися на розвитку критичного мислення учнів.

Деякі вчені звертають увагу на необхідність етичного використання штучного інтелекту та важливість перевірки згенерованого контенту. Серед інших відомих напрямків досліджень можна назвати: вивчення його впливу на персоналізацію навчання, розробку інструментів для оцінки якості згенерованих матеріалів, а також інтеграцію ШІ у системи управління навчанням (LMS).

Тому актуальним є аналіз можливостей використання засобів штучного інтелекту для створення навчального контенту з інформатики, визначення їхніх переваг і обмежень, а також обґрунтування доцільності впровадження таких технологій у освітній процес з метою підвищення ефективності та якості навчання.

Під час створення контенту використовуються нейромережі та алгоритми машинного навчання для генерації текстів, коду, зображень та тестів. Розглянемо приклади застосування ШІ під час викладання інформатики.

Один з популярних способів автоматизації є генерація текстових матеріалів та конспектів уроків. Наприклад, використовуючи такі інструменти, як ChatGPT чи Google Gemini, вчитель може за кілька хвилин отримати структурований план уроку, пояснення складних термінів або приклади з життя. Це дозволяє зекономити час на пошук інформації.

За допомогою ШІ можна миттєво створювати варіативні тести для перевірки знань. Наприклад, Conker – простий ШІ-генератор тестів, який ідеально підходить для швидких «п'ятихвилинок» з конкретної теми. Це дозволяє уникнути списування та забезпечити індивідуальний підхід.

Щоб учні бачили свій прогрес, ШІ може адаптувати завдання під рівень кожного учня. Вони спочатку отримують простіші завдання, а система пропонує ускладнення залежно від успішності.

Сервіси генерації та аналізу коду є незамінними помічниками у поясненні логіки алгоритмів. GitHub Copilot допомагає здобувачам писати код, пропонує автодоповнення, та пояснює складні функції у форматі чату.

Інтеграція Canva для генерації унікальних ілюстрацій, Mermaid.js із ChatGPT для миттєвої візуалізації схем алгоритмів та Miro Assist для автоматичної побудови ментальних карт і архітектури ПЗ дозволяє вчителю трансформувати складні абстрактні концепції у наочний та зрозумілий візуальний супровід уроків.

Впровадження командних змагань із вирішення прикладних проблем за допомогою ШІ-інструментів забезпечує інтенсивний розвиток практичних навичок роботи з інноваційними технологіями та формування досвіду ефективної групової взаємодії.

Таким чином, впровадження ШІ-інструментів в освітній процес оптимізує навантаження на вчителя та підвищує дидактичну якість контенту. Автоматизація генерації завдань, коду та візуалізацій актуалізує навчання, стимулюючи розвиток в учнів критичного мислення, цифрової грамотності та навичок використання ШІ.

Пріоритетними напрямками подальших досліджень є етичні аспекти використання ШІ в школі, розробка механізмів забезпечення академічної доброчесності, методик верифікації ШІ-контенту. Важливим аспектом залишається проектування спеціалізованих освітніх моделей ШІ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- [1] L. Titova, "Selection of Services Based on Artificial Intelligence for Creating Visual Educational Content," *International Science Journal of Education & Linguistics*, vol. 3, no. 2, pp. 114–125, 2024, doi: 10.46299/j.isjel.20240302.13.
- [2] A. V. Hodunova, "Use of Artificial Intelligence Services to Optimize Research and Scientific Activities," in *Quality Management of Education in the Conditions of Martial Law and Post-War Recovery of Ukraine: Proceedings of the Round Table on the Occasion of the 90th Anniversary of NAU*, Kyiv, Ukraine, May 23, 2023, pp. 66–74.

ВИКОРИСТАННЯ СЕРВІСУ INTERACTY У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ІНФОРМАТИКИ

ЄРМАК А.А. (andrijermak25@gmail.com)

ПШЕНИЧНА О.С. (esp961081@gmail.com)

Запорізький національний університет

У статті розглянуто можливості використання онлайн-сервісу Interacty у шкільному курсі інформатики. Проаналізовано функціональні особливості платформи та її роль у створенні інтерактивного навчального контенту. Описано основні типи шаблонів вправ та визначено дидактичний потенціал сервісу для візуалізації навчального матеріалу та активізації пізнавальної діяльності учнів. Наведено приклади використання Interacty під час вивчення різних тем інформатики. Зроблено висновок про ефективність використання Interacty в умовах цифровізації освіти.

Вступ. В умовах сучасної цифровізації освіти особливої актуальності набуває впровадження інноваційних онлайн-інструментів у навчальний процес. Одним із таких ефективних засобів є сервіс Interacty, який дозволяє створювати інтерактивний навчальний контент та активізувати пізнавальну діяльність учнів.

Використання сервісу Interacty у шкільному курсі інформатики відкриває нові можливості для організації навчання: від візуалізації складних тем до проведення інтерактивних вправ, вікторин і квестів. Завдяки цьому учні не лише засвоюють теоретичний матеріал, а й розвивають логічне мислення, цифрову грамотність та навички самостійної роботи.

Отже, метою статті є дослідження можливостей використання онлайн-сервісу Interacty у шкільному курсі інформатики та обґрунтування доцільності його застосування для підвищення ефективності освітнього процесу.

Огляд літератури. Було проаналізовано наукові роботи, які стосувалися веб-сервісу Interacty. У навчальному посібнику «Цифрові та мультимедійні технології в профільній середній та фаховій передвищій освіті» Пшеничної О.С. йдеться про програмне забезпечення та онлайн сервіси, які дають змогу вчителю інформатики закладу середньої освіти або викладачеві закладу фахової передвищої освіти ефективно реалізовувати свою діяльність. У роботі «Інструменти розроблення електронних освітніх ігрових ресурсів» Ларіна С.В. зазначається, що завдання ігрового характеру в електронному освітньому ігровому ресурсі можуть бути реалізовані у вигляді додаткового програмного забезпечення.

Основний матеріал. Interacty – це ресурс, який дозволяє створювати інтерактивний контент для навчання: ігри, вікторини та конкурси за допомогою простих шаблонів, щоб підвищити цікавість, мотивувати більше дітей до навчання та заохотити аудиторію до активної участі [1]. Сам сервіс був заснований у 2020 році в Латвії.

Сервіс пропонує кілька тарифних планів, які визначають обсяг доступних можливостей. Крім того, платформа пропонує вчителям можливість отримати розширений тарифний план безкоштовно завдяки виконанню певних умов.

При створенні проєкту з нуля користувачеві надається робоче полотно, на якому можна додавати та редагувати обрані шаблони. На початковому рівні доступно 20 шаблонів. У нижній частині інтерфейсу розміщено відеоінструкцію, яка допомагає краще зрозуміти принципи виконання різних дій на полотні.

Користувач має можливість додавати різні типи інтерактивних елементів, зокрема вікторини, кросворди, вправи на встановлення відповідностей («з'єднай пару»), інтерактивні зображення, квести, хронологію та інші формати контенту. Зазначається, що сервіс надає можливість створювати власні набори запитань шляхом імпорту файлів у форматах CSV або XLSX. Надалі ці запитання можуть бути використані під час створення вікторин.

Також тут наявна інтеграція з LMS, яка допомагає збирати дані про залученість та успіхи учнів, підвищуючи ефективність навчального процесу [3].

З метою підвищення ефективності навчання інформатики доцільно використовувати онлайн-сервіс Interacty, який надає широкі можливості для створення інтерактивного освітнього контенту.

У процесі вивчення теми «Персональний комп'ютер та його основні складові» можна застосувати шаблон «Interactive Image», де кожен елемент комп'ютера позначається міткою з коротким визначенням і детальною інформацією. Це сприяє кращому візуальному сприйняттю матеріалу.

Шаблон «Хронологія» доцільно використовувати під час вивчення історії обчислювальних і комп'ютерних пристроїв. За його допомогою можна відобразити ключові дати та етапи розвитку техніки у вигляді часової лінії.

Для закріплення навчального матеріалу ефективним є шаблон «Match Up», який передбачає встановлення відповідностей: учні можуть поєднувати зображення зі словами або поняття з їхніми визначеннями шляхом перетягування. Це завдання доцільне при вивченні будь-якої теми шкільного курсу інформатики.

Шаблон «Crossword» дозволяє створювати інтерактивні кросворди, що сприяють розвитку логічного мислення та закріпленню знань. Його доцільно використовувати під час вивчення теми «Кібербезпека», адже учні, розгадуючи кросворд, повторюють ключові поняття, такі як пароль, фішинг, вірус, антивірус, конфіденційність тощо.

На етапі актуалізації знань або закріплення теоретичного матеріалу варто використовувати шаблон «Flip Cards». Він дає змогу створювати інтерактивні картки, які перевертаються та відкривають відповіді або додаткову інформацію. До них можна додавати текст, зображення та GIF-анімації, що підвищує наочність навчання.

Шаблон «Treasure Hunt» надає можливість організувати інтерактивний вебквест, в якому учні, виконують завдання шляхом взаємодії з окремими блоками. Додатково можна інтегрувати посилання на сторонні освітні ресурси, що розширює можливості навчання.

Шаблон «Trivia Quiz» являє собою вікторину з одним або кількома правильними варіантами відповіді. Вчитель може налаштувати стартовий екран із назвою, описом і кнопкою початку, додавати зображення з бібліотеки або власні файли, а також створити підсумковий екран із результатами проходження, де відображається кількість набраних балів.

Висновки. Отже, використання сервісу Interacty у шкільному курсі інформатики є ефективним засобом підвищення якості навчання. Інтерактивні можливості платформи сприяють активізації пізнавальної діяльності учнів, розвитку цифрових компетентностей та кращому засвоєнню матеріалу. Тому впровадження Interacty є доцільним і перспективним напрямом удосконалення освітнього процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. О. С. Пшенична, Цифрові та мультимедійні технології в профільній середній та фаховій передвищій освіті. Запоріжжя: ЗНУ, 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/19216>
2. “Interacty”. [Онлайн]. Доступно: <https://interacty.me/uk>
3. С. В. Ларін, “Інструменти розроблення електронних освітніх ігрових ресурсів”, у Сучасні технології візуалізації колекцій цифр. освіт. ресурсів, Київ, 14 трав. 2024. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2024, с. 97. [Онлайн]. Доступно: https://dnrb.gov.ua/wp-content/uploads/2024/08/VTSTKZ_zbirnyk_tez_KS-2024.pdf

УДК 37.015.3:371.3

ГЕЙМІФІКАЦІЯ В ОСВІТНІХ ПРОЦЕСАХ: ВІД СТРУКТУРНОЇ МОТИВАЦІЇ ДО АКТИВНОГО НАВЧАННЯ

ЗИМА І. В. (zima.i.v@op.edu.ua)

Національний університет «Одеська Політехніка»

У роботі досліджується проблема падіння рівня залученості здобувачів освіти та обґрунтовується доцільність впровадження методів гейміфікації як інструменту управління мотивацією. Проаналізовано вплив ігрових механік на когнітивні процеси через призму таксономії Блума. Розглянуто архітектуру гейміфікованого освітнього середовища, зокрема адаптацію

класичної PBL-тріади (бали, бейджі, таблиці лідерів) для завдань активного навчання у STEM-дисциплінах. Окрему увагу приділено питанням профілактики професійного вигорання педагогів шляхом системної алгоритмізації та автоматизації процесів оцінювання. Запропоновано математичну модель розрахунку індексу когнітивного залучення для об'єктивного моніторингу успішності освітнього процесу. Досліджено механізми переходу від зовнішнього стимулювання до внутрішньої пізнавальної потреби в умовах цифрової трансформації освіти.

Постановка проблеми. Сучасна глобалізована система освіти, зокрема у сфері позашкільної підготовки, стикається з масштабною кризою уваги та внутрішньої мотивації здобувачів. Традиційні трансляційні методи викладання, що базуються на лінійному поданні матеріалу, виявляються неконкурентоспроможними в умовах інформаційного перенасичення та звички молодого покоління до швидкого дофамінового підкріплення, яке забезпечують цифрові розваги та соціальні мережі. Здобувачі освіти поколінь Alpha та Z очікують динаміки, інтерактивності та миттєвого зворотного зв'язку. Водночас педагоги та керівники гуртків відчують безперервний тиск, намагаючись щоразу винаходити нові стимули для утримання аудиторії, що є одним із ключових факторів стрімкого професійного вигорання. Виникає гостра необхідність у впровадженні системних методик, які б дозволили структурно трансформувати освітній процес, перетворивши рутинне засвоєння матеріалу на захопливу та самоорганізовану діяльність [1]. Це потребує не лише нових інструментів, а й зміни самої парадигми взаємодії між вчителем та учнем.

Перелік вирішених завдань. Для комплексного розв'язання окресленої проблеми було виконано такі науково-практичні завдання:

1) Визначено концептуальні межі гейміфікації та її принципову відмінність від традиційного ігрового навчання (Game-Based Learning), що дозволяє уникнути надмірної розважальності на шкоду академічним результатам.

2) Спроектовано модель інтеграції ігрових механік в освітній процес з опорою на рівні когнітивної діяльності за таксономією Блума.

3) Розроблено критеріальну базу для оцінювання ефективності впровадження гейміфікованих систем, що включає інструменти математичного аналізу.

4) Досліджено вплив алгоритмізації ігрових навчальних платформ на оптимізацію робочого часу викладачів та зниження рівня стресу.

5) Обґрунтовано доцільність застосування ігрових наративів для подолання когнітивних бар'єрів при вивченні складних наукових концепцій.

Виклад суті дослідження. Гейміфікація в освітньому контексті розглядається не як використання розважальних ігор на заняттях, а як системне застосування елементів ігрового дизайну та ігрової психології у неігрових ситуаціях [3]. Фундаментальною метою гейміфікації є зміщення фокуса з екстринсивної (зовнішньої) мотивації, побудованої на страху отримання низької оцінки чи осуду, на інтринсивну (внутрішню) мотивацію, що живиться природною потребою людини в автономії, компетентності та приналежності до спільноти [4]. Ключовим аспектом нашого дослідження є синергія гейміфікації з методиками активного навчання, структурованими за таксономією Блума [5]. Ігровий прогрес ідеально накладається на когнітивні рівні засвоєння інформації. На початкових етапах (Знання та Розуміння) здобувачі освіти проходять своєрідний ігровий тьюторіал, отримуючи миттєві бали за прості дії. Це формує «зону комфорту» та початковий інтерес.

Таблиця 1 – Співвідношення елементів ігрового дизайну та освітніх цілей

Елемент гейміфікації	Психологічний тригер	Рівень за Блумом	Освітня мета
Бали досвіду (XP)	Винагорода, прогрес	Знання, Розуміння	Формування звички до навчання
Досягнення (Бейджі)	Статусність, визнання	Застосування, Аналіз	Стимулювання нетипових підходів
Таблиці лідерів	Здорова конкуренція	Синтез, Оцінка	Розвиток взаємооцінювання
Ігровий наратив	Цікавість, занурення	Всі рівні	Зниження тривожності

Перехід до рівнів «Застосування» та «Аналіз» вимагає від учнів виконання складніших індивідуальних або групових квестів. Тут інтегруються бейджі (Badges) – візуальні маркери

досягнень, які видаються за подолання значних інтелектуальних викликів, наприклад, за успішне моделювання екологічної системи або розв'язання нестандартної логічної задачі. Нарешті, на рівнях «Синтез» та «Оцінка», які є вершиною активного навчання, здобувачі зіштовхуються з «босами» – комплексними проєктними завданнями. У системі позашкільної освіти така архітектура складності дозволяє утримувати інтерес протягом тривалого часу.

Важливо відзначити роль соціальної взаємодії. Використання таблиць лідерів (табл. 1) має бути збалансованим, щоб не демотивувати учнів, які перебувають у нижній частині списку. Оптимальним є створення «динамічних груп», де конкуренція відбувається між командами, а не окремими індивідами. Це сприяє розвитку навичок колаборації та емпатії. Для об'єктивного моніторингу залученості ми пропонуємо використовувати інтегральний показник, що враховує якість виконання завдань різного ступеня складності.

$$I = (\sum (A_i * W_i) / T_{max}) * 100\% \quad (1)$$

де

I – інтегральний індекс когнітивного залучення здобувача освіти;

A_i – кількісний показник виконаних освітніх активностей i -го типу за звітний період;

W_i – ваговий коефіцієнт складності активності (від 1 до 6 відповідно до рівнів за таксономією Блума);

T_{max} – максимально можлива сума зважених балів за ідеального проходження всіх етапів навчального модуля.

Застосування такого підходу дозволяє педагогу побачити реальну картину: чи виконує учень лише легкі завдання для накопичення балів, чи він дійсно рухається до вищих рівнів пізнання. Це дає можливість вчасно коригувати навчальну траєкторію. З іншого боку, гейміфікація виступає потужним антистресовим фактором для вчителя. Коли правила гри чітко прописані, процес оцінювання автоматизується. Викладач перестає бути єдиним джерелом схвалення, що суттєво знижує когнітивне навантаження на нього та запобігає професійному вигорянню. Організація навчання як ігрового процесу дозволяє перетворити рутину на творче партнерство.

Висновки. Проведене дослідження підтверджує, що впровадження гейміфікації в освітній процес є ефективною стратегією подолання кризи мотивації [2]. Завдяки інтеграції ігрових механік з таксономією Блума забезпечується поступове та усвідомлене зростання компетентностей здобувачів. Математичне моделювання залученості дозволяє здійснювати точний моніторинг результатів, а автоматизація зворотного зв'язку сприяє збереженню психологічного здоров'я педагогів. Гейміфікація — це не гра в освіту, це проєктування середовища, де навчання стає природною потребою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] K. M. Kapp, *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. San Francisco, CA, USA: Pfeiffer, 2012.
- [2] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, "Does gamification work? - A literature review of empirical studies on gamification," in *Proc. 47th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, Waikoloa, HI, USA, 2014, pp. 3025–3034.
- [3] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From game design elements to gamefulness: defining gamification," in *Proc. 15th Int. Academic MindTrek Conf.*, Tampere, Finland, 2011, pp. 9–15.
- [4] E. L. Deci and R. M. Ryan, "Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health," *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, vol. 49, no. 3, pp. 182–185, 2008.
- [5] L. W. Anderson and D. R. Krathwohl, *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York, NY, USA: Longman, 2001.

ГЕЙМІФІКОВАНІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ СИМУЛЯТОРИ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ДО БІОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

ЗІНЧЕНКО М.О. (Zinchenko.Maria@vnu.edu.ua),

Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк

Реферат. У тезах обґрунтовано доцільність використання гейміфікованих мультимедійних симуляторів у неперервній професійній підготовці фахівців до біологічного моніторингу довкілля. Акцентовано, що цифрове моделювання польових ситуацій, віртуальні лабораторії та ігрові сценарії можуть посилити практичну спрямованість навчання, підвищити мотивацію здобувачів освіти та сформувати навички прийняття рішень у змінних екологічних умовах. Запропоновано методичні орієнтири проєктування таких освітніх рішень для підготовки майбутніх фахівців природничого профілю.

Постановка проблеми

Біологічний моніторинг довкілля потребує від фахівця не лише ґрунтовних природничо-наукових знань, а й уміння працювати з різними типами даних, розпізнавати біоіндикаторні ознаки, інтерпретувати зміни стану екосистем і приймати рішення в умовах неповної або динамічної інформації. Традиційна аудиторна підготовка не завжди забезпечує достатню кількість безпечних, повторюваних і методично керованих ситуацій для відпрацювання цих умінь. Саме тому актуальності набуває використання мультимедійних симуляторів, серйозних ігор і гейміфікованих завдань, які дозволяють моделювати польові спостереження, лабораторні процедури, екологічні ризики та наслідки управлінських рішень у навчальному середовищі [1; 2].

Завдання дослідження

Метою тез є визначення методичних можливостей гейміфікованих мультимедійних симуляторів у професійній підготовці фахівців до біологічного моніторингу довкілля. Для досягнення мети окреслено такі завдання: з'ясувати освітній потенціал ігрових і мультимедійних технологій у формуванні практичних компетентностей; визначити змістові компоненти симуляційних сценаріїв для навчання біомоніторингу; обґрунтувати методичні умови їх інтеграції в систему неперервної професійної освіти.

Виклад суті дослідження

Гейміфікація в освітньому процесі не зводиться до використання окремих ігрових елементів, таких як бали, рейтинги або візуальні винагороди. Її педагогічна цінність полягає у створенні структурованого навчального досвіду, у якому здобувач освіти діє в умовах проблемної ситуації, отримує зворотний зв'язок, перевіряє гіпотези та коригує власну стратегію. У підготовці фахівців до біологічного моніторингу такий підхід дає змогу перетворити складні екологічні процеси на послідовність навчальних дій: вибір об'єкта спостереження, фіксація біологічних показників, аналіз просторово-часових змін, оцінювання рівня антропогенного навантаження, формулювання висновку щодо стану екосистеми.

Мультимедійний симулятор у цьому контексті може виконувати функцію віртуального полігону для відпрацювання професійних дій. Наприклад, здобувачі освіти можуть моделювати маршрут екологічного обстеження, добирати методи біоіндикації, працювати з умовними цифровими картами, порівнювати показники забруднення, визначати реакцію рослинних або тваринних угруповань на зміну чинників середовища. Такі завдання формують зв'язок між теоретичними знаннями з біології, екології, генетики, ботаніки та практикою моніторингових досліджень. Водночас вони забезпечують варіативність навчальних ситуацій, яку складно реалізувати лише під час реальних польових практик.

Особливого значення набуває принцип професійної автентичності. Симуляційні завдання мають відображати реальні етапи біологічного моніторингу: підготовку програми спостережень, вибір біоіндикаторів, збір і первинне опрацювання даних, інтерпретацію результатів, підготовку рекомендацій. Ігровий сценарій доцільно будувати не як розважальну активність, а як систему професійних викликів, у яких кожне рішення має наслідки для подальшого перебігу навчальної ситуації. Наприклад, неправильний вибір ділянки спостереження або ігнорування сезонного

чинника може призвести до неточних висновків, що спонукає здобувача освіти до рефлексії та повторного аналізу.

Методично важливо поєднувати гейміфіковані симулятори з іншими формами неперервної професійної підготовки: лекційними модулями, лабораторними заняттями, польовими практиками, проєктною роботою, навчальними дослідженнями та післядипломним підвищенням кваліфікації. У такій моделі мультимедійний симулятор не замінює реальний контакт із природним середовищем, а виконує підготовчу, тренувальну, діагностичну й рефлексивну функції. Він дозволяє перед польовою практикою відпрацювати алгоритм дій, після практики – проаналізувати типові помилки, а в системі освіти дорослих – оновити професійні навички без значних організаційних витрат.

Для ефективного використання гейміфікованих симуляторів доцільно дотримуватися кількох методичних умов. По-перше, зміст симулятора має відповідати очікуваним результатам навчання та професійним функціям фахівця з біомоніторингу. По-друге, ігрова механіка повинна підтримувати навчальну мету, а не відволікати від неї. По-третє, необхідно забезпечити наукову коректність біологічних і екологічних даних, що використовуються у сценаріях. По-четверте, симулятор має містити інструменти педагогічного зворотного зв'язку: пояснення помилок, підказки, порівняння альтернативних рішень, критерії оцінювання результату. По-п'яте, важливо передбачити етап обговорення, під час якого здобувачі освіти пояснюють логіку власних рішень і співвідносять її з реальними методами моніторингових досліджень [3; 4].

Перспективним є також використання елементів штучного інтелекту та адаптивної складності в освітніх симуляторах. Такі технології можуть змінювати рівень складності завдань залежно від підготовленості здобувача освіти, пропонувати індивідуалізовані маршрути навчання, автоматично добирати додаткові пояснення або генерувати нові ситуації для аналізу. У підготовці до біологічного моніторингу це дає змогу моделювати різні екологічні контексти: урбанізовані території, агроєкосистеми, лісові біоценози, водні об'єкти, порушені або відновлювані екосистеми. У результаті формується не лише знання алгоритму моніторингу, а й здатність переносити його в нові професійні умови.

Висновки

Гейміфіковані мультимедійні симулятори є перспективним інструментом професійної підготовки фахівців до біологічного моніторингу довкілля, оскільки поєднують наочність, інтерактивність, проблемність і можливість багаторазового відпрацювання професійних дій. Їх використання сприяє формуванню дослідницьких, аналітичних, цифрових і комунікативних компетентностей, необхідних для якісного моніторингу стану навколишнього середовища. Методично обґрунтована інтеграція таких технологій у систему неперервної професійної освіти дозволяє посилити практичну спрямованість підготовки, підвищити мотивацію здобувачів освіти та забезпечити готовність майбутніх фахівців до роботи з реальними екологічними викликами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gee J. P. What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy. New York : Palgrave Macmillan, 2003. 225 p.
2. Whitton N. Digital Games and Learning: Research and Theory. New York : Routledge, 2014. 232p.
3. Hamari J., Koivisto J., Sarsa H. Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences. 2014. P. 3025–3034.
4. Squire K. Video Games and Learning: Teaching and Participatory Culture in the Digital Age. New York : Teachers College Press, 2011. 312 p.
5. Prensky M. Digital Game-Based Learning. New York : McGraw-Hill, 2001. 442 p.

АРХІТЕКТУРА МОДУЛЯ ВАЛІДАЦІЇ 3D-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ІГРОВИХ РУШІЇВ ЗАСОБАМИ BLENDER PYTHON API

КОЧНЕВ Є.А., КАТЕЛЬНИКОВ Д.І. (pro.realegor@gmail.com, katielnikov@vntu.edu.ua)
Вінницький національний технічний університет

У роботі досліджено архітектурні рішення для створення модуля автоматизованої перевірки 3D-моделей, призначених для імпорту в ігрові рушії (Unity, Unreal Engine), з використанням вбудованого Python API середовища Blender. Основну увагу приділено інтеграції модуля в інтерфейс програми та організації асинхронної перевірки даних.

Процес створення 3D-моделей для ігрових рушіїв включає жорсткі технічні вимоги, недотримання яких призводить до помилок рендерингу, артефактів фізики та зниження продуктивності на цільовій платформі [1]. До таких вимог належать: обмеження на кількість полігонів, використання лише трикутної топології, коректне розгортання UV-розгортки без перекриттів, наявність PBR-текстур у відповідних каналах та відповідність іменування об'єктів [2]. Ручна перевірка цих параметрів є трудомісткою та схильною до людської помилки, особливо при роботі з великою кількістю асетів.

Для вирішення цієї проблеми пропонується архітектура модуля валідації, що базується на інтеграції з інтерфейсом Blender за допомогою Python API. Основними компонентами розробки є:

1. Система реєстрації класів валідації: використання механізму `bpy.types.Panel` та `bpy.types.Operator` для створення власного інструменту, що інтегрується в панель інструментів 3D Viewport [3].

2. Менеджер перевірок (Validator Manager): централізований модуль, який відповідає за збір активних тестів для структура даних `bpy.types.Mesh`, яка описує геометрію 3D-об'єкта (вершини, ребра, грані, UV-координати, нормалі тощо [4]):

а) перевірка топологічної цілісності: обхід структури циклів вершин для виявлення не-трикутних полігонів (`len(loop) != 3`), аналіз наявності необ'єднаних вершин (дублікатів) шляхом порівняння координат (`mesh.vertices`) з урахуванням допустимого порогу точності [5];

б) верифікація UV-розгортки: ітеративна перевірка UV-даних (`mesh.uv_layers`) на предмет виходу координат за межі діапазону `[0,1]` та виявлення перекриттів островів, що є критичним для коректного накладання текстур у реальному часі;

в) аналіз просторової ефективності: обчислення співвідношення кількості вершин до кількості граней, виявлення надлишкової деталізації для об'єктів, що не є центральними в кадрі. Цей параметр має назву LOD (Level Of Detail) [6].

3. Асинхронний механізм звітування: реалізація зворотного зв'язку з користувачем через неблокуючі оновлення інтерфейсу, що дозволяє відображати результати перевірки у вигляді списку помилок безпосередньо в інтерфейсі Blender.

Реалізація запропонованої архітектури дозволить автоматизувати процес контролю якості, зменшити час підготовки моделей до експорту та забезпечити їхню сумісність з такими рушіями, як Unity та Unreal Engine.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Blender Foundation, “Blender Python API Documentation – Best Practice,” 2026. [Online]. Available: https://docs.blender.org/api/current/info_best_practice.html. [Accessed: Mar. 23, 2026].
- [2] Blender Foundation, “Test Infrastructure,” 2026. [Online]. Available: <https://developer.blender.org/docs/handbook/testing/>. [Accessed: Mar. 23, 2026].
- [3] Epic Games, “Data Validation in Unreal Engine,” 2026. [Online]. Available: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/data-validation-in-unreal-engine>. [Accessed: Mar. 23, 2026].
- [4] Blender Foundation, “bpy.types.Mesh,” Blender Python API Documentation, 2026. [Online]. Available: <https://docs.blender.org/api/current/bpy.types.Mesh.html>. [Accessed: Mar. 23, 2026].
- [5] Blender Projects, “bl_mesh_validate.py,” 2026. [Online]. Available: https://projects.blender.org/blender/blender/src/branch/main/tests/python/bl_mesh_validate.py. [Accessed: Mar. 23, 2026].
- [6] Blender Foundation, “Blender Python API Documentation – Best Practice,” 2026. [Online]. Available: https://docs.blender.org/api/current/info_best_practice.html. [Accessed: Mar. 23, 2026].

МОДЕЛІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

КУРИЦІН Д. К. (kuritsyndmytro@gmail.com)

КОВАЛЮК Т. В. (tetyana.kovalyuk@knu.ua)

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Розглянуто сучасні підходи до застосування гейміфікації в освітньому процесі інженерних спеціальностей. Проаналізовано основні моделі гейміфікації та їх вплив на мотивацію і результати навчання студентів. Запропоновано узагальнену математичну модель, що враховує взаємозв'язок між мотивацією, залученістю та рівнем знань. Обґрунтовано доцільність використання адаптивних моделей у технічній освіті.

Постановка проблеми. Ключова проблема сучасної освіти полягає у кризі залученості та втраті мотивації через розрив між статичними методами навчання та динамічним когнітивним профілем сучасних студентів. Традиційна система з її відкладеним зворотним зв'язком, контрольно-наглядовою парадигмою оцінювання та абстрактністю теоретичного матеріалу стримує пізнавальну гнучкість студентів та консервує їхню навчальну траєкторію в межах лише безпечних, шаблонних рішень. Це критично обмежує ефективність засвоєння складних інженерних концепцій. Гейміфікація пропонує трансформацію освітнього процесу в інтерактивне середовище з миттєвим зворотним зв'язком, де помилка перетворюється з інструменту зниження рейтингу на необхідний ітераційний етап здобуття практичного досвіду.

Мета дослідження полягає в аналізі моделей застосування гейміфікації в освітньому процесі інженерних спеціальностей для підвищення мотивації студентів та покращення результатів навчання та оцінки їх ефективності.

Аналіз та ієрархічна класифікація моделей гейміфікації. Для системної інтеграції ігрових механік в освітній процес підготовки інженерів пропонується ієрархічна структура, що об'єднує базові інструменти мотивації, логіку побудови контенту та інтелектуальні системи управління навчанням. Відповідно до проведеного аналізу, моделі гейміфікації розподілено за трьома рівнями:

1. Базовий (операційний) рівень реалізується через зовнішньо-стимулюючу модель (англ. *Points–Badges–Leaderboards*, PBL) для підтримки залученості.
2. Структурний (змістовний) рівень охоплює ієрархічно-сценарні моделі для формування професійних компетенцій.
3. Інтелектуальний (мета-рівень) базується на адаптивній моделі для персоналізації освітньої траєкторії.

Розглянемо окремі моделі. *Модель PBL* [1, 2] базується на системі зовнішнього підкріплення навчальної діяльності. Студенти отримують бали за виконання завдань, досягнення фіксуються у вигляді бейджів, а рейтингові таблиці демонструють порівняння результатів між учасниками. Така система підсилює конкурентну мотивацію та стимулює активність, однак може призводити до демотивації студентів із нижчими результатами через надмірну орієнтацію на соціальне порівняння.

До ієрархічно-сценарних моделей відносяться *модель рівнів та прогресії*, яка: структурує матеріал як послідовність складності модулів, де доступ до нових модулів відкривається лише після засвоєння попередніх, що критично важливо для технічних дисциплін, та *модель квестів та сценарного навчання*, яка подає завдання у вигляді сюжетних місій або симуляцій (Sandbox [5]). Це підвищує емоційну залученість та дозволяє студенту діяти в ролі дослідника, розв'язуючи реальні інженерні кейси у безпечному середовищі.

Адаптивна модель [3] передбачає автоматичне налаштування складності завдань та ігрових механік відповідно до рівня знань і поведінки студента. Використання алгоритмів аналізу даних і елементів штучного інтелекту дозволяє створювати персоналізовані траєкторії навчання, що підвищує ефективність і запобігає перевантаженню або втраті інтересу.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз моделей гейміфікації

Рівень та модель	Основні компоненти	Функціональне призначення	Переваги	Недоліки
1. Базовий (PBL-модель)	Бали (XP), бейджі (досягнення), лідерборди (рейтинги).	Стимулювання поточної активності та регулярності виконання завдань.	Швидкий зворотний зв'язок; легкість впровадження; чітка візуалізація успіху.	Ризик орієнтації на оцінку (бал), а не на знання; можлива демотивація аутсайдерів.
2. Структурний (Рівні та прогресія)	Карта компетенцій, «дерево навичок», розблокування нових модулів.	Формування логічної послідовності та ієрархічної структури знань.	Чітке розуміння траєкторії розвитку; відчуття постійного професійного зростання.	Жорстка лінійність; складність адаптації під студентів із різною початковою підготовкою.
2. Структурний (Квести та сценарії)	Сюжетні місії, рольові сценарії, симуляційні Sandbox-середовища.	Трансформація теорії в практичний інженерний досвід через занурення в контекст.	Висока емоційна залученість; розвиток практичного та критичного мислення.	Висока трудомісткість розробки контенту; складність об'єктивного оцінювання творчих рішень.
3. Інтелектуальний (Адаптивна модель)	Алгоритми аналізу даних (AI), динамічне коригування складності.	Оптимізація когнітивного навантаження та персоналізація навчання.	Підтримка стану «потoku»; запобігання перевантаженню або втраті інтересу.	Високі вимоги до IT-інфраструктури; технологічна складність програмної реалізації.

Порівняльна характеристика моделей доводить, що максимальна ефективність навчання досягається не окремими механіками, а їх синергетичною інтеграцією. Такий підхід дозволяє використовувати сильні сторони кожної моделі: Так, компенсація ризиків реалізується через зовнішні стимули (PBL), що підтримують щоденну активність, тоді як сценарне навчання (квести) та рівні прогресії забезпечують глибину засвоєння матеріалу. Це запобігає формальному навчанню «заради балів». Психологічна стійкість досягається завдяки інтеграції моделей, яка трансформує роль помилки – вона перестає бути чинником зниження рейтингу і стає природною частиною пошуку правильного інженерного рішення. Персоналізація забезпечується адаптивними механізмами, які виступають регулятором складності, що підтримує баланс між викликом та навичками студента, запобігаючи когнітивному перевантаженню.

Інтеграція гейміфікації у програмні системи навчання. Реалізація зазначених моделей можлива через розробку спеціалізованих програмних систем, які включають механіки нарахування балів, відстеження прогресу, аналіз активності студентів та адаптацію контенту. Такі системи дозволяють автоматизувати процес навчання та забезпечити зворотний зв'язок у реальному часі.

Результати експериментального дослідження та статистична перевірка. Для оцінки ефективності запропонованих моделей проведений педагогічний експеримент. Дослідження підтвердило, що впровадження гейміфікованих моделей підвищує успішність студентів на 25 – 30% порівняно з традиційними методами навчання.

Для перевірки статистичної значущості отриманих результатів було застосовано t-критерій Стьюдента для незалежних вибірок. Розраховане значення t-фактичного перевищило критичне значення при прийнятому рівні значущості $p < 0,05$. Це дозволило відхилити нульову гіпотезу про випадковий характер розбіжностей. Статистично доведено, що гейміфікація: формує готовність студентів до ітераційного пошуку та апробації нестандартних рішень; забезпечує глибоке засвоєння складних інженерних концепцій через безпечне середовище симуляцій; мінімізує негативний вплив на мотивацію, формуючи стійку установку на експериментальний пошук.

Висновки. Проведене дослідження доводить, що гейміфікація є потужним інструментом модернізації інженерної освіти. Встановлено, що максимальна ефективність досягається не

окремими механіками, а їх синергетичною інтеграцією: базові стимули (PBL) підтримують динаміку, а сценарні квести забезпечують глибину знань. Використання адаптивних моделей дозволяє індивідуалізувати навчання, що у поєднанні з об'єктивним статистичним підтвердженням за критерієм Стюдента, вказує на перспективність впровадження гейміфікованих програмних систем у вищу технічну освіту та створення інноваційного освітнього середовища, орієнтованого на індивідуальні потреби студентів[4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Boom-Cárcamo E., Buelvas-Gutiérrez L., Acosta-Oñate L. & Boom-Cárcamo D. (2024). Gamification and problem-based learning (PBL): Development of creativity in the teaching-learning process of mathematics in university students. *Thinking Skills and Creativity*. vol. 53, 101614. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101614>
2. Sailer, M., Homner, L. (2020). The Gamification of Learning: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32, pp. 77–112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
3. Fernando, P. A., & Premadasa, H. K. S. (2024). Use of gamification and game-based learning in educating Generation Alpha: A systematic literature review. *Educational Technology & Society*, 27(2), pp. 114-132. [https://doi.org/10.30191/ETS.202404_27\(2\).RP03](https://doi.org/10.30191/ETS.202404_27(2).RP03)
4. Іванов І. І., Тімінський О. Г. (2025). Аналіз сучасних моделей гейміфікації для проєктів цифрової трансформації підприємств. Управління розвитком складних систем. Київ, 2025. № 63. С. 70 – 80, <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.63.70-80>
5. Xian, T. (2021). Exploring the Effectiveness of Sandbox Game-Based Learning Environment for Game Design Course in Higher Education. In: Ahram, T., Taiar, R., Groff, F. (eds) *Human Interaction, Emerging Technologies and Future Applications IV. IHET-AI 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1378. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74009-2_33

УДК 378:37.091.3:004.946

КВЕСТ-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ГЕЙМІФІКАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД

ЛИСТОПАД О. А. (lystopad.aa@pdpu.edu.ua)

Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний
університет імені К. Д. Ушинського»,

ЛИСТОПАД Н. Л. (natasha.listopad@gmail.com)

Комунальний заклад «Одеський педагогічний фаховий коледж»

Розглянуто квест-технології як ефективний інструмент гейміфікації освітнього процесу у закладах вищої та фахової передвищої освіти. Проаналізовано європейський досвід використання освітніх квестів, що базуються на інтерактивних, цифрових та проблемно-орієнтованих підходах до організації освітнього процесу. Визначено основні переваги застосування квест-технологій, зокрема підвищення мотивації здобувачів освіти, розвиток критичного мислення, комунікативних і командних навичок. Окреслено особливості впровадження квестів у вітчизняній освітній практиці та їх адаптацію до умов українських закладів освіти. Наголошено на доцільності поєднання традиційних методів навчання з ігровими підходами. Зроблено висновок про перспективність подальшого розвитку та дослідження квест-технологій в умовах цифровізації освіти.

У сучасних умовах цифровізації освіти постає необхідність пошуку ефективних методів підвищення якості організації освітнього процесу та мотивації здобувачів освіти у закладах вищої та фахової передвищої освіти [2]. Традиційні підходи до викладання не завжди забезпечують належний рівень залученості та практичної спрямованості освітнього процесу. Особливої актуальності набуває гейміфікація, зокрема використання квест-технологій як інноваційного інструменту організації освітнього процесу [6]. Водночас недостатньо дослідженими залишаються

питання адаптації європейського досвіду впровадження освітніх квестів до умов української освітньої системи, що зумовлює необхідність подальших наукових розвідок у даному напрямі.

Метою дослідження є визначення особливостей використання квест-технологій як інструменту гейміфікації освітнього процесу у закладах вищої та фахової передвищої освіти та аналіз європейського й українського досвіду їх впровадження. Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: проаналізувати наукові підходи до гейміфікації організації освітнього процесу; охарактеризувати сутність і дидактичний потенціал квест-технологій; дослідити практики застосування освітніх квестів у європейських країнах і в Україні; визначити переваги та можливі труднощі їх використання в освітньому процесі; окреслити перспективи подальшого впровадження квест-технологій.

Квест-технології як інструмент гейміфікації освітнього процесу набувають особливої актуальності у закладах вищої та фахової передвищої освіти, оскільки сприяють підвищенню мотивації здобувачів освіти, активізації їхньої пізнавальної діяльності та формуванню професійних компетентностей [2]. У підготовці майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти використання квестів дозволяє поєднати теоретичні знання з практичними навичками, що є важливим для їхньої подальшої професійної діяльності [5].

У європейській освітній практиці квест-технології широко застосовуються як елемент інтерактивного та компетентнісного навчання. Зокрема, активно використовуються вебквести, мобільні квести, інтерактивні симуляції, що передбачають виконання проблемно-орієнтованих завдань у команді. Такі підходи сприяють розвитку критичного мислення, креативності, комунікативних навичок та здатності до співпраці [3; 4]. Важливою особливістю є інтеграція цифрових інструментів (онлайн-платформ, мобільних додатків, мультимедійних ресурсів), що робить освітній процес більш доступним і привабливим.

В українських закладах вищої та фахової передвищої освіти квест-технології поступово впроваджуються в освітній процес, зокрема під час підготовки майбутніх вихователів. Їх використання можливе як у межах аудиторних занять, так і під час самостійної роботи здобувачів освіти. Найбільш поширеними формами є освітні квести, рольові ігри, педагогічні ситуації та інтерактивні тренінги. Застосування квест-технологій у підготовці майбутніх вихователів дозволяє моделювати реальні професійні ситуації, з якими вони можуть зіткнутися у роботі з дітьми дошкільного віку. Наприклад, квест може бути побудований у вигляді серії завдань, що імітують організацію освітнього процесу в групі дитячого садка: планування занять, розв'язання конфліктних ситуацій, підбір дидактичних матеріалів, організація ігрової діяльності дітей [5].

Серед прикладів тематичних квестів у підготовці майбутніх вихователів можна виділити такі: «Організація ігрової діяльності дітей дошкільного віку» – здобувачі освіти виконують завдання, спрямовані на розробку ігрових сценаріїв, добір дидактичних ігор та оцінювання їх педагогічної доцільності; «Розвиток мовлення дошкільників» – учасники квесту створюють вправи, казки, інтерактивні завдання для розвитку мовленнєвих навичок дітей; «Інклюзивна освіта в закладі дошкільної освіти» – моделюються ситуації взаємодії з дітьми з особливими освітніми потребами, розробляються індивідуальні підходи; «Педагогічна майстерність вихователя» – квест передбачає вирішення педагогічних ситуацій, пов'язаних із комунікацією з дітьми та батьками; «Екологічне виховання дошкільників» – створення інтерактивних занять та ігор, спрямованих на формування екологічної свідомості дітей. Квести можуть реалізовуватися у різних форматах, що дозволяє адаптувати їх до специфіки навчальних дисциплін та умов освітнього процесу у закладах вищої та фахової передвищої освіти.

Аудиторні квести (робота в групах), передбачає проведення квестів безпосередньо в аудиторії, де здобувачі освіти виконують завдання у малих групах. Наприклад, у підготовці майбутніх вихователів квест може включати створення плану тематичного заняття для дітей дошкільного віку або моделювання ігрової ситуації для розвитку мовлення дітей. Результати виконання завдань оцінюються за критеріями креативності, педагогічної доцільності та відповідності віковим особливостям дітей.

Дистанційні квести (використання онлайн-сервісів). Використання цифрових платформ та онлайн-сервісів дозволяє проводити квести у віддаленому форматі. Наприклад, здобувачі освіти можуть виконувати вебквести, що включають пошук інформації, створення інтерактивних презентацій або розробку навчальних ігор для дітей дошкільного віку з подальшою перевіркою результатів викладачем. Такий підхід забезпечує розвиток навичок самостійної роботи, інформаційної компетентності та вміння використовувати цифрові ресурси в освітньому процесі.

Змішані квести (поєднання офлайн та онлайн діяльності). Змішані формати передбачають поєднання аудиторних та дистанційних етапів квесту. Наприклад, здобувачі освіти готують онлайн-завдання або інтерактивні вправи для дітей дошкільного віку та презентують їх під час аудиторного заняття, виконуючи роль вихователя. Такий формат дозволяє поєднувати практичні навички з роботою у цифровому середовищі та сприяє більш комплексному формуванню професійних компетентностей.

Ключовим аспектом квест-технологій є те, що кожен етап передбачає виконання конкретного завдання, а результати оцінюються за визначеними критеріями, що включають правильність виконання, рівень креативності, здатність до співпраці та практичну користь створеного продукту. Ефективність використання квест-технологій підтверджується підвищенням рівня зацікавленості здобувачів освіти, більш глибоким засвоєнням навчального матеріалу та розвитком ключових професійних компетентностей. У майбутніх вихователів формуються такі важливі якості, як ініціативність, відповідальність, здатність працювати в команді, креативність, готовність до інноваційної діяльності та вміння застосовувати інтерактивні методики у роботі з дітьми. Наприклад, в межах аудиторного квесту студенти можуть моделювати конфліктну ситуацію між дітьми та пропонувати шляхи її вирішення, у дистанційному – розробляти серію онлайн-завдань для розвитку логічного мислення дошкільнят, а у змішаному форматі – створювати комплексне заняття з інтеграцією ігор, музики та цифрових матеріалів. Такий підхід забезпечує комплексне формування професійних компетентностей, поєднуючи практичні, педагогічні та цифрові навички.

Впровадження квест-технологій потребує належного методичного забезпечення, підготовки викладачів, а також використання сучасних цифрових ресурсів. Важливим завданням є адаптація європейського досвіду до умов української системи освіти з урахуванням її специфіки та можливостей. Отже, квест-технології виступають ефективним інструментом гейміфікації освітнього процесу у закладах вищої та фахової передвищої освіти та мають значний потенціал у підготовці майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти.

Отже, квест-технології є ефективним інструментом гейміфікації освітнього процесу у закладах вищої та фахової передвищої освіти, що сприяє підвищенню мотивації здобувачів освіти, активізації їхньої пізнавальної діяльності та формуванню професійних компетентностей. Використання квестів у підготовці майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти забезпечує поєднання теоретичних знань із практичною діяльністю, розвиток критичного мислення, креативності та навичок командної роботи. Узагальнення європейського досвіду засвідчує доцільність інтеграції цифрових та інтерактивних методів навчання в освітній процес. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці методичних рекомендацій щодо впровадження квест-технологій у різні освітні компоненти, створенні цифрових освітніх ресурсів, а також у проведенні емпіричних досліджень ефективності їх використання. Актуальним є також вивчення можливостей адаптації європейських практик до умов української системи освіти та підготовки педагогічних кадрів до застосування інноваційних гейміфікованих підходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. Биков. М. Шишкіна, «Хмарні технології як імператив модернізації освітньо-наукового середовища вищого навчального закладу», Теорія і практика управління соціальними системами, № 4, с. 55–70, 2016.
- [2] О. Листопад, «Компетентнісний і діяльнісний методологічні підходи в підготовці майбутніх педагогів до прогнозування в освітній діяльності», Наукові записки. Серія: Педагогічні науки, вип. 222, с. 271–275, 2026. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2026-1-222-271-275>
- [3] О. А. Листопад, «Феномен творчості в контексті дослідження ефективності підготовки майбутніх вихователів дошкільних навчальних закладів», Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського, вип. 1(114), серія: Педагогіка, с. 34–39, 2017.
- [4] О. А. Листопад, «Феномен творчості: мотивація творчої діяльності та особистісні риси творців», Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, ч. 2, с. 136–146, 2011.
- [5] О. А. Листопад і І. К. Мардарова, «Освітній вебквест як інструмент дистанційної освіти», Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Педагогічні науки, вип. 1(54), с. 12–21, 2024. DOI: <https://doi.org/10.31376/2410-0897-2024-1-54-12-21>

[6] А. М. Мартинець, Т. П. Чередник, «Гейміфікація як аспект євроосвіти та її застосування на уроках зарубіжної літератури», Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5: Педагогічні науки: реалії та перспективи, спец. вип. 2, с. 31–34, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2022.spec.2.06>

УДК 378.147:004.8

ГЕЙМІФІКАЦІЯ В ПОЄДНАННІ З ТЕХНОЛОГІЯМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ

ЛУЧИН І. В. (iryna.luchyn.pz.2023@lpnu.ua),
ЛЕВУС Є. В. (yevhenia.v.levus@lpnu.ua)
Національний університет «Львівська політехніка»

У статті розглядається проблема підвищення ефективності сучасних освітніх систем шляхом поєднання гейміфікації та технологій штучного інтелекту. Проведено аналіз ключових ігрових механік та їхніх комбінацій, основних напрямів використання ШІ в навчальних іграх. На основі синтезу розглянутих підходів запропоновано модель інтеграції ШІ в гейміфіковані системи, що дозволяє персоналізувати кожен елемент навчального середовища відповідно до індивідуальних потреб учня.

Традиційні освітні методи мають низку серйозних проблем: перевага пасивних форм навчання та надмірний акцент на стандартизованій системі перевірки знань. Це нерідко може призвести до зниження мотивації в учнів і посилити їхню тривожність. Гейміфікація може стати ефективним способом подолання цих труднощів, оскільки перетворює навчальний процес на більш активне й залучене середовище. Проте найбільші можливості для підвищення якості навчання відкриваються тоді, коли ігрові механіки поєднуються з технологіями штучного інтелекту (ШІ). Такий підхід дає змогу адаптувати освітній процес до індивідуальних потреб кожного учня, що, своєю чергою, позитивно впливає як на рівень залученості, так і на психологічний стан здобувачів освіти в умовах цифрового суспільства. Основним завданням дослідження є створення моделі інтеграції ШІ в гейміфіковані навчальні системи.

Основу більшості гейміфікованих систем складає так звана тріада PBL: бали (Points), значки (Badges) та таблиці лідерів (Leaderboards) [1]. Бали відображають прогрес, значки підтверджують досягнення, а таблиці лідерів додають елемент соціального порівняння, що сприяє заохоченню учнів до навчання. Проте поєднання різних елементів гейміфікації не гарантує позитивного результату. Дослідження показують, що найефективнішими є комбінації «бали + таблиці лідерів» та «бали + значки + таблиці лідерів + зворотний зв'язок», тоді як поєднання «рівні + значки + таблиці лідерів» може негативно впливати на успішність [1]. Це свідчить про те, що ефективність гейміфікації визначається не кількістю ігрових механік, а їхнім збалансованим поєднанням відповідно до потреб учнів у підтримці та персоналізованому досвіді.

Інтеграція штучного інтелекту в освіту дозволяє вийти за межі статичних ігрових механік і перетворити їх на адаптивні системи. У цьому контексті можна виділити чотири основні напрями використання ШІ в навчальних іграх [2]:

Адаптація в реальному часі: система динамічно підлаштовує рівень складності, надає персоналізовані підказки та коригує навчальний контент відповідно до поточних результатів студента.

Підтримка прийняття рішень: замість прямого керування діями учня, ШІ пропонує можливі траєкторії навчання на основі аналізу його прогресу, зберігаючи при цьому простір для самостійності.

Взаємодія через ШІ-агентів: віртуальні агенти-компаньйони супроводжують учня в процесі гри, надають підтримку та роблять навчання менш ізольованим.

Навчальна аналітика та інтелектуальний аналіз даних: алгоритми обробляють інформацію про ігрові сесії після їх завершення, що дає змогу розробникам краще зрозуміти поведінку учнів і поступово вдосконалювати ігровий дизайн.

Аналіз наявних підходів свідчить про те, що статична тріада PBL досягає межі своєї ефективності через відсутність адаптації до індивідуального рівня учня. Розв'язання цієї проблеми полягає у систематичному поєднанні кожного елемента гейміфікації з відповідним напрямом використання ІІІ. Новизна запропонованого підходу полягає у такому зіставленні, представленому у вигляді моделі (табл. 1).

Таблиця 1 – Модель інтеграції ІІІ в гейміфіковані навчальні системи

Елемент гейміфікації	Напрямок ІІІ	Механізм реалізації
Бали	Навчальна аналітика	Алгоритми враховують не лише факт виконання завдання, а і його складність, траєкторію помилок та темп засвоєння матеріалу. Досягнення оцінюються відносно індивідуального прогресу учня, а не єдиного стандарту
Значки	Адаптація в реальному часі	Система динамічно визначає, які досягнення є значущими для конкретного учня на поточному етапі, та видає персоналізовані винагороди відповідно до його навчального профілю
Таблиці лідерів	Підтримка прийняття рішень	Замість фіксованого рейтингу ІІІ формує для кожного учня індивідуальну систему порівняння прогресу – з власними попередніми результатами або з релевантною групою однолітків, зберігаючи мотиваційний ефект без надмірного соціального тиску
Зворотний зв'язок	Взаємодія через ІІІ-агентів	LLM-агенти забезпечують змістовний, контекстно залежний зворотний зв'язок у реальному часі. Прикладом є гра «Study with Confucius»: один агент навчає через діалог, другий паралельно оцінює рівень розуміння та повертає учня до теми у разі відхилення [4]

Наведена модель фактично реалізує найефективнішу комбінацію ігрових механік – «бали + значки + таблиці лідерів + зворотний зв'язок» – де кожен елемент отримує конкретне технологічне підсилення, що переводить його з уніфікованого у персоналізований режим роботи.

Окрім академічних переваг, поєднання ІІІ з гейміфікацією має помітний вплив на психологічний стан здобувачів освіти. Дослідження показують, що ігрові елементи здатні знижувати рівень тривожності, відвертати увагу від негативних емоцій, а також стимулювати вироблення дофаміну – нейромедіатора, пов'язаного з відчуттям задоволення та винагороди [3].

Проведений аналіз підтверджує, що гейміфікація є дієвим інструментом підвищення мотивації та залученості учнів, однак її повний потенціал реалізується лише в поєднанні з технологіями штучного інтелекту. Запропонована модель демонструє, що ефективність освітньої системи визначається не кількістю ігрових механік, а якістю їхньої адаптації до індивідуального рівня учня. Такий підхід здатний не лише покращити академічні результати, а й знизити рівень навчальної тривожності завдяки персоналізованому темпу й підтримці. Перспективи подальших досліджень пов'язані з перевіркою запропонованої моделі в реальних навчальних середовищах та розробкою конкретного прототипу системи на її основі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] J. Zeng, D. Sun, C.-K. Looi, and A. C. W. Fan, "Exploring the impact of gamification on students' academic performance: A comprehensive meta-analysis of studies from the year 2008 to 2023," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 55, pp. 2478–2502, 2024, doi: 10.1111/bjet.13471.
- [2] B. M. McLaren and H. A. Nguyen, "Digital learning games in artificial intelligence in education (AIED): A review," in *Handbook of Artificial Intelligence in Education*, B. du Boulay, A. Mitrovic, and K. Yacef, Eds. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2023, ch. 20, pp. 440-462.
- [3] R. M. Al-Ghoul and R. S. M. ALSeragy, "The effectiveness of learning through gamification with artificial intelligence on mental health (anxiety) and building learning habits for college learners," *International Journal of AI and Education Technology*, vol. 3, no. 01, pp. 15–30, 2024, doi: 10.54216/IJAET.030102.
- [4] H. Luo, F. Gao, K. Fang, D. Liu, Z. Lin, and W. K. Chan, "Study with Confucius: An AI-based immersive educational game with multiple educational modes," in *Proc. SIGGRAPH Asia 2024 Educator's Forum (SA Educator's Forum '24)*, Tokyo, Japan, Dec. 2024, doi: 10.1145/3680533.3697066.
- [5] N. A. Dahri, N. Yahaya, W. M. Al-Rahmi, L. Almuqren, A. S. Almgren, A. Alshimai, and A. S. Al-Adwan, "The effect of AI gamification on students' engagement and academic achievement in Malaysia: SEM analysis perspectives," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 1-20, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3560567.

ДОСВІД СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ІГОР ДЛЯ СТУДЕНТІВ ГУМАНІТАРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

МАЛЮК Є.О. (y.maliuk@kubg.edu.ua)

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

У межах реалізації проєкту зі створення навчальних відеоігор на базі кафедри інформаційних комунікацій Київського столичного університету ім. Бориса Грінченка було сформульовано низку рекомендацій щодо швидкого та технічно простого створення відеоігор для навчального процесу. Рекомендованим інструментом для цього є Bitsy, який дозволяє робити ігри без програмування, а ефективними підходами – колаборативний (створення ігор разом зі студентами), наративний (гра як історія) та гра-коментар.

Постановка проблеми. Для викладання гуманітарних дисциплін використання відеоігор у процесі викладання може бути ефективним способом для засвоєння інформації здобувачами. Специфіка вищої школи така, що не на кожну тему є професійно створена відеогра, яка дозволить студентам засвоїти матеріал. Отже, виникає потреба у створенні відеоігор для навчання в межах курсу самим викладачем. Втім, для реалізації таких ігор необхідний певні технічні навички та час на реалізацію, який може виходити далеко за той часовий ресурс, який мають викладачі. Наявність як достатнього часу, так і технічних навичок серед викладачів гуманітарних дисциплін може бути проблемою для реалізації таких проєктів. Потенційним вирішенням є формування такого ефективного підходу, який мінімізує потреби у технічних навичках для створення гри та оптимізує час на реалізацію за допомогою простого та зрозумілого інструменту.

Мета дослідження. На основі досвіду реалізації проєкту зі створення навчальних ігор на кафедрі інформаційних комунікацій Київського столичного університету ім. Бориса Грінченка сформувати перелік базових рекомендацій щодо оптимального інструменту для створення навчальних відеоігор у стислі терміни та щодо підходів до створення.

Для реалізації мети було сформульовано низку завдань: сформувати рекомендацію щодо інструмента для швидкого створення відеоігор для навчання, визначити ефективні підходи щодо створення навчальних ігор за допомогою обраного інструмента.

Основний зміст дослідження. Протягом кількох років у процесі викладання дисциплін «Цифрові комунікаційні інструменти» та «Ігровий дизайн» студентам було виявлено, що інструмент для створення відеоігор Bitsy є оптимальним інструментом для створення ігор початківцями. Він не вимагає знання програмування, функції для роботи з ігровою логікою обмежені та можуть бути вивчені за кілька занять, створення графіки для цієї гри передбачає використання лише двох кольорів, уся графіка складається з тайлів («плитки») 8 на 8 пікселів, ігрові мапи мають стандартизований розмір. Це дозволяє робити відеоігри не тільки з мінімальною підготовкою, але й в стислі терміни. Докладніше цей досвід описано у статті Є. Малиюка, Р. Новикової та А. Мажари [3]. Вищезазначена стаття готувалася на основі досвіду викладання створення відеоігор студентами, однак отриманий досвід навчання створення готового проєкту в стислі терміни прямо вплинув на створення власного проєкту зі створення відеоігор. Детальніше з результатами проєкту зі створення ігор можна ознайомитися на сторінці майданчику для розміщення інди-ігор itch.io [2].

Під час реалізації проєкту здійснювалися спроби використати інші інструменти для створення відеоігор у стислі терміни (до 1 дня на розробку та реалізацію концепції), але виходило так, що використання GameMaker або RPG Maker MV, навичками створення ігор в яких володіє автор проєкту, не давали гарних результатів за визначений термін, тому не були завершені. Це зумовило вибір Bitsy як оптимального інструменту для створення навчальних ігор. Також було здійснено спробу зробити проєкт на Bipsy та його форку Binksi – інструментах, автори якого надихалися Bitsy, але з більш складним функціоналом. Обидва інструменти можуть бути використаними для швидкого створення навчальних ігор, однак їх засвоєння (особливо Binksi, яка використовує мову скриптингу для інтерактивної літератури ink) мають вищий поріг входу та меншу кількість навчальних матеріалів у відкритому доступі, що породжує сумніви щодо

рекомендації його для початківців. Ще одним аргументом на користь Bitsy є те, що ігри, які створені за його допомогою, мають html-формат, що дозволяє легко їх вбудовувати в електронні навчальні курси типу Moodle. Також у Bitsy за замовчуванням є підтримка сенсорного вводу, тому студенти можуть зіграти в ці навчальні ігри навіть зі своїх смартфонів.

Хоча Bitsy є передусім наративним інструментом, його наративність носить все ж таки не літературний, а ігровий характер. Якщо література за замовчуванням нам розповідає про події, кіно намагається продемонструвати ці події, то гра – дати в безпосередньому досвіді дії гравця. Можливості Bitsy дуже обмежені, ігролад ігор, що створені за допомогою цього інструменту, полягає в пересуванні ігрового аватара в межах локації, що вміщується на одному екрані з можливістю взаємодіяти з об'єктами шляхом навігації ігровим світом, збиранню предметів та подоланні перешкод, але в цілому цього вистачає для створення повноцінного ігрового досвіду.

У процесі реалізації проєкту було реалізовано кілька підходів для створення ігор, які по-різному себе продемонстрували в навчанні. Гра не обов'язково має бути продуктом, який створено виключно викладачем. Вона може бути майданчиком для співтворчості студентів та викладача. Прикладом таких проєктів є «Гра про Джеррі Хейл» та «Галерея сучасного мистецтва», де студенти готували матеріали, які імплементувалися викладачем на самому занятті. Наприклад, під час створення проєкту з галереєю сучасного мистецтва, студенти мали знайти матеріали по одному з обраних ними напрямків мистецтва, знайти найбільш яскраві картини, підготувати до них опис, а також знайти самі картини. Також потрібно було сформулювати концепцію галереї, в якій відбувається виставка. Студентами було запропоновано для галереї абстрактного експресіонізму робити великі плями на підлозі, а для мінімалізму – прості геометричні фігури тощо. Для реалізації цього на занятті викладачем було підготовлено проєкт з кімнатами галереї, але без змісту, який додавався безпосередньо на занятті. Після заняття студенти могли ознайомитися з інтерактивною версією галереї, яку вони створили.

Іншим підходом, використаним для створення ігор для навчання, став наративний підхід, коли ми подаємо історію у вигляді інтерактивного проєкту. Прикладами таких проєктів є «Фонтан» та «Принцип Брандоліні». Замість того, щоб розповідати студентам історію створення М. Дюшаном свого редімейду у вигляді пісуару, ми подаємо її як певну історію з можливістю довільно досліджувати навколишнє середовище. Таким чином, цілком опціонально гравець може знаходити повідомлення, які не обов'язкові для проходження, але пояснюють історичний контекст, в якому створювався цей продукт. Читання суцільного тексту в епоху перенавантаження інформацією може бути автоматичним актом з мінімальним усвідомленням. Ігровий формат не є панацеєю для залучення уваги, але більш стислі, короткі фрази, між якими є невеликі фрагменти дослідження ігрового світу мають перспективу до кращого засвоєння матеріалу. Протягом курсу, коли обговорювалися проблеми концептуального мистецтва та реді-мейдів, студенти згадували гру «Фонтан», що може слугувати ознакою її ефективності в навчальному процесі.

Третім підходом, який було використано в іграх, є підхід гри-задачі. Коли гра дає вхідні дані, ознайомлюючи з матеріалом студентів, а потім сама ж через наратив перевіряє їх. Прикладом таких ігор з проєкту є «Нова загадка Сфінкса» та «Хазяїн замку Цетелькастен». Імплементация таких ігор у навчальний процес хоча й викликала інтерес у студентів, в цілому, на думку автора проєкту, не дала студентам засвоїти матеріал. Проблема тут може бути не стільки в тому, що цей підхід поганий, стільки в тому, що він вимагає більше часу для більш якісного планування та ефективної передачі ідей.

Четвертий підхід – це гра-коментар, яка розвиває ідеї, що сформульовані Б. Швайцером, С. Феррарі та Є. Богостом у книзі «Newsgames. Journalism at play»[1]. Навчальними ці ігри є в тому сенсі, що пропонують відрефлексувати деякі вивчені теорії. Наприклад, гра «Після занять» є коментарем щодо ефективності ігор для медіаграмотності. Залучення такої гри до обговорення проблем медіаграмотності є гарним рефлексивним інструментом.

Серед зазначених підходів, зарекомендували себе 1, 2 та 4. 3 підхід, хоч може бути ефективним в принципі, у процесі створення ігор не зарекомендував себе як ефективний при наявних вхідних даних.

Висновки. Під час реалізації проєкту зі створення відеоігор для навчання на кафедрі інформаційних комунікацій, було знайдено потенційно оптимальний інструмент для створення ігрових навчальних проєктів у процесі викладання гуманітарних дисциплін, яким виявився Bitsy;

сформульовано перелік ефективних підходів для створення навчальних ігор, якими є створення відеоігор на основі студентського матеріалу, створення наративних ігор, які розкривають питання, що піднімаються на заняттях, з можливістю досліджувати ігровий світ з метою розкриття додаткових подробиць та гра-коментар, яка дозволяє відрефлексувати вже наявні відомості про вивчений предмет. Ці висновки є передусім продуктом досвіду реалізації ігрових проєктів у межах однієї кафедри. Для більш об'єктивного визначення ефективності перспективною є розробка опитувальників для перевірки ефективності ігор та застосування цих ігор на більшу вибірку студентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bogost I., Ferrari S., Schweizer B. Newsgames. The MIT Press, 2010. URL: <https://doi.org/10.7551/mitpress/8854.001.0001> (date of access: 14.05.2026).
2. Кафедра інформаційних комунікацій. itch.io. URL: <https://kik-games.itch.io/> (дата звернення: 14.05.2026).
3. Малюк Є., Новикова Р., Мажара А. Інтеграція інструменту для створення відеоігор Bitsy в практики викладання гуманітарних дисциплін. Наукові записки Бердянського педагогічного державного університету. 2024. № 3. С. 333–344.

УДК 378:004:37.091.33-027.22

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ТА РОЗВИТОК SOFT SKILLS ЯК ІННОВАЦІЙНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ КРЕАТИВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

МАРДАРОВА І.К. (mardarova.ik@pdpu.edu.ua),

ГУДАНІЧ Н. М. (hudanych.NM@pdpu.edu.ua)

Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний
університет імені К. Д. Ушинського»

Розглянуто потенціал гейміфікації та розвитку soft skills як інноваційних чинників формування креативної компетентності студентів у цифровому середовищі закладу вищої освіти. З'ясовано сутність креативної компетентності як складової професійної підготовки майбутніх фахівців та визначено її ключові компоненти. Проаналізовано можливості гейміфікації щодо підвищення мотивації, активізації пізнавальної діяльності та стимулювання творчого мислення здобувачів освіти. Окреслено роль soft skills (критичне мислення, комунікація, креативність, командна взаємодія) у забезпеченні ефективності гейміфікованого навчання. Доведено, що поєднання гейміфікації та розвитку soft skills сприяє формуванню креативної компетентності студентів, підвищенню якості освітнього процесу та підготовці конкурентоспроможних фахівців.

Сучасний етап розвитку вищої освіти характеризується активною цифровізацією, що зумовлює необхідність оновлення змісту, форм і методів професійної підготовки майбутніх фахівців [3]. Особливої актуальності набуває проблема формування креативної компетентності студентів як важливої складової їхньої професійної готовності до діяльності в умовах динамічних змін, що повною мірою стосується і підготовки майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти, для яких креативність є ключовою професійною якістю, що забезпечує ефективну організацію освітнього процесу з дітьми [4]. Особливого значення набувають інноваційні педагогічні технології, зокрема гейміфікація, а також розвиток soft skills, які сприяють активізації пізнавальної діяльності, підвищенню мотивації та формуванню творчого мислення студентів [7].

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні ролі гейміфікації та розвитку soft skills як інноваційних чинників формування креативної компетентності студентів, зокрема майбутніх вихователів, у цифровому освітньому середовищі закладу вищої освіти. Відповідно до поставленої мети визначено такі завдання дослідження: проаналізувати наукові підходи до трактування понять

«гейміфікація», «soft skills» та «креативна компетентність» у сучасному педагогічному дискурсі; розкрити сутність і структуру креативної компетентності майбутніх вихователів як складової їхньої професійної підготовки; охарактеризувати можливості гейміфікації у цифровому освітньому середовищі закладу вищої освіти; визначити роль soft skills у формуванні креативної компетентності студентів; навести приклади впровадження гейміфікованих технологій у професійну підготовку здобувачів спеціальності «Дошкільна освіта».

Креативна компетентність розглядається як інтегративна характеристика особистості, що поєднує здатність до генерації нових ідей, нестандартного мислення, гнучкості, оригінальності та здатності до вирішення професійних завдань у творчий спосіб [4]. Для майбутніх вихователів ця компетентність має особливе значення, оскільки їхня професійна діяльність передбачає організацію творчої діяльності дітей, створення розвивального середовища та застосування інноваційних методів навчання і виховання [3].

Soft skills (гнучкі навички), такі як комунікативність, критичне мислення, креативність, емоційний інтелект, здатність до командної роботи, виступають важливим підґрунтям формування креативної компетентності. Їх розвиток у процесі професійної підготовки майбутніх вихователів забезпечує не лише ефективну взаємодію з дітьми, батьками та колегами, а й здатність до інноваційної діяльності [7]. Гейміфікація, як використання ігрових елементів у неігровому контексті, є одним із перспективних інструментів модернізації освітнього процесу у закладах вищої освіти. Вона сприяє підвищенню мотивації студентів, залученню їх до активної діяльності, формуванню позитивного емоційного фону навчання та розвитку творчого потенціалу [1]. Цифрове освітнє середовище закладу вищої освіти створює нові можливості для впровадження гейміфікації у процес професійної підготовки майбутніх вихователів. Використання інтерактивних платформ, онлайн-ресурсів, віртуальних симуляцій, освітніх ігор сприяє формуванню у студентів не лише предметних знань, а й креативного мислення.

Застосування гейміфікації в підготовці майбутніх вихователів може реалізовуватися через такі форми: використання ігрових сценаріїв під час вивчення фахових дисциплін; впровадження системи балів, рівнів, досягнень (бейджів) для підвищення мотивації; створення проблемно-ігрових ситуацій, що потребують творчого розв'язання; організацію командних ігор, спрямованих на розвиток комунікативних і соціальних навичок; моделювання професійних ситуацій (рольові ігри, кейси), що відображають реальну діяльність вихователя [1]. Зазначені форми сприяють формуванню soft skills студентів. Зокрема, командні ігрові завдання розвивають навички співпраці, комунікації, відповідальності; проблемні ігрові ситуації стимулюють критичне та креативне мислення; індивідуальні ігрові завдання сприяють розвитку самостійності та самоорганізації [7].

Особливу роль у підготовці майбутніх вихователів відіграє здатність до творчого підходу в організації освітнього процесу з дітьми. Гейміфікація дозволяє студентам не лише засвоїти теоретичні знання, а й набути практичного досвіду створення ігрового освітнього середовища, розробки власних дидактичних ігор, інтерактивних занять, що є важливим елементом їхньої професійної підготовки. Крім того, цифрове середовище забезпечує доступ до широкого спектру інструментів гейміфікації, що дозволяє індивідуалізувати навчання, враховувати освітні потреби студентів та створювати умови для самореалізації кожного з них [1].

Використання гейміфікованих освітніх практик у підготовці майбутніх вихователів дозволяє інтегрувати розвиток креативності з формуванням комунікативних, організаційних та рефлексивних умінь. Наприклад, під час вивчення навчальних дисциплін професійного циклу доцільним є впровадження рольових ігор, у яких студенти моделюють діяльність вихователя в різних педагогічних ситуаціях. Так, у межах теми «Організація ігрової діяльності дітей дошкільного віку» може бути реалізовано гейміфіковане завдання «Створи власну гру», де студенти в командах розробляють авторські дидактичні ігри для дітей, презентують їх та отримують «ігрові бали» за креативність, практичну цінність і педагогічну доцільність. У процесі виконання такого завдання формуються навички командної взаємодії, комунікації, критичного мислення та креативності. Іншим прикладом є використання кейс-методу в поєднанні з елементами гейміфікації. Студентам пропонуються проблемні ситуації з практики роботи закладу дошкільної освіти (наприклад, організація інклюзивного освітнього середовища або вирішення конфліктної ситуації між дітьми), які вони мають вирішити, обираючи один із запропонованих сценаріїв або створюючи власний. За кожне рішення нараховуються бали, відкриваються нові

рівні або «педагогічні досягнення». Такий підхід стимулює не лише засвоєння знань, а й розвиток гнучкості мислення, здатності до прийняття рішень і відповідальності.

Ефективним є також використання цифрових гейміфікованих платформ, які дозволяють організувати навчання у форматі інтерактивних вікторин, квестів або симуляцій. Наприклад, проведення освітнього квесту «Один день із життя вихователя» передбачає виконання серії завдань, що відображають реальні професійні ситуації: планування заняття, організація ігрової діяльності, комунікація з батьками, вирішення педагогічних проблем. У процесі виконання таких завдань студенти не лише закріплюють теоретичні знання, а й розвивають soft skills, необхідні для майбутньої професійної діяльності. Важливим аспектом є також формування рефлексивних умінь, що забезпечується через гейміфіковані механізми самооцінювання та взаємооцінювання. Наприклад, після виконання завдань студенти можуть отримувати «зворотний зв'язок» у вигляді балів, бейджів або коментарів, що сприяє усвідомленню власних досягнень і зон розвитку. Інтеграція гейміфікації та розвитку soft skills у процес професійної підготовки майбутніх вихователів забезпечує не лише підвищення ефективності навчання, а й створює умови для формування творчої, активної, здатної до інноваційної діяльності особистості педагога.

Отже, гейміфікація та розвиток soft skills виступають важливими інноваційними чинниками формування креативної компетентності студентів у цифровому освітньому середовищі закладу вищої освіти. Їх використання у процесі підготовки майбутніх вихователів забезпечує підвищення мотивації до навчання, активізацію пізнавальної діяльності, розвиток творчого мислення та формування професійно значущих якостей. Доведено, що інтеграція гейміфікаційних технологій і розвитку soft skills у професійну підготовку майбутніх вихователів сприяє їхній готовності до інноваційної педагогічної діяльності, здатності організовувати творчий освітній процес у закладах дошкільної освіти та ефективно взаємодіяти з усіма учасниками освітнього процесу. Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні методик впровадження гейміфікації у підготовку майбутніх вихователів, визначенні критеріїв оцінювання рівня сформованості креативної компетентності та створенні моделей гейміфікованого освітнього середовища у закладах вищої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Н. Арістова, І. Махович, «Розуміння змісту і сутності поняття «гейміфікація» у науковому педагогічному просторі України», Наукові інновації та передові технології, № 8(36), с. 1058–1070, 2024. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-8\(36\)-1058-1070](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-8(36)-1058-1070)
- [2] Е. Е. Карпова, О. А. Листопад, «Творчі фахові завдання як форма організації змісту навчального матеріалу в педагогіці творчості», Збірник наукових праць. Педагогічні науки, вип. 58, ч. 2, с. 343–349, 2011.
- [3] О. А. Листопад, «Безперервність творчого розвитку особистості в освіті», Наука і освіта, № 8, с. 91–95, 2012.
- [4] О. А. Листопад, «Творчість як складова підготовки педагогічних кадрів», Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського, № 3–4, с. 36–44, 2011.
- [5] О. А. Листопад, «Теоретичні засади типології системи навчальних завдань у процесі формування професійно-творчого потенціалу майбутніх педагогів дошкільної освіти», Збірник наукових праць. Педагогічні науки, вип. 66, с. 354–360, 2014.
- [6] О. А. Листопад, І. К. Мардарова, Н. М. Гуданич, «Соціалізація дітей дошкільного віку в інклюзивному середовищі: європейські підходи та їх імплікації як ресурс розвитку педагогічної майстерності майбутніх вихователів», Наукові інновації та передові технології, № 3(55), с. 1380–1392, 2026. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3\(55\)-1380-1392](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3(55)-1380-1392)
- [7] Н. В. Осадчук, «Розвиток soft skills як передумова особистісного зростання», Наука і техніка сьогодні, № 14(14), с. 210–221, 2022. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-14\(14\)-210-221](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-14(14)-210-221)

РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКУ АВТОМАТИЧНОГО КВАНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА СЕГМЕНТАМИ ВІДПОВІДНО КОЛЬОРУ

МАРКЕВИЧ Н. В. (nazarmarkevic7@gmail.com),

ЗДОЛБІЦЬКА Н. В. (ninazdolb@gmail.com),

Луцький національний технічний університет

У роботі описано створення застосунку NumPaint для автоматичного квантування зображень посегментно з присвоєнням індексу, який відповідає певному кольору. Проаналізовано можливості, перспективи та шляхи подальшого використання.

Мета: розробити сучасний застосунок для малювання, на мові Python, який може бути використаним в особистих інтересах або для бізнес-ідеї. Завданням представленого проєкту є генерація фото-файлів у зображення, розподілене на сегменти відповідно цифровому індексу та визначеному кольору.

Актуальність та можливості використання. Описані задачі є дійсно перспективною ідеєю, яка зараз поширена в соціальних мережах та інтернет спільноті. За цим принципом різні маркетплейси продають товари у вигляді картин за номерами. Головною перевагою даного програмного забезпечення є можливість перетворювати будь-яку особисту фотографію на простий, але деталізований шаблон для малювання.

Опис технічної частини. Вибір Python зумовлений його відомою гнучкістю, легким синтаксисом та великим вибором бібліотек, які дозволяють надійно та правильно працювати з графічними об'єктами. Для інтерфейсу було використано стандартну бібліотеку Tkinter, яка забезпечила зручний та надійний візуал застосунку. Зокрема, вона допомогла зробити інтерактивними кнопки та перемикачі між вкладками (рис. 1). У розробленому застосунку в користувача є можливість вибрати локальний файл шляхом його пошуку у директоріях (бібліотека os). Далі в нас відкривається зображення, для якого можна вибрати різні налаштування (кількість кольорів, максимальний/мінімальний розмір області сегменту та силу сегментації). Відкоригувавши дані параметри натискаємо кнопку згенерувати та очікуємо квантування. Отримуємо чотири різні вкладки: оригінал – з початковим зображенням; обробка – оброблена версія оригіналу; нумерація – пронумерована частина та палітра – сторінка з кольорами та індексами. На даному етапі задіяно чимало бібліотек OpenCV – для фільтрації та розмиття [1], NumPy – для операцій з пікселями, sklearn – кластеризація та групування кольорів, skimage – для сегментації та Pillow – для присвоєння числових індексів [2]. Отримавши результат, варто зберегти його у pdf форматі для зручного друку, бібліотека NumPy обрізає рамку та оптимізує її вигляд. Книга [3] є фундаментальним базисом для реалізації алгоритмічної частини застосунку, які безпосередньо необхідні для нашого проєкту. Автор детально описує методи цифрової обробки зображень. Варто додати, що генеруючи результуючий файл, програма об'єднує дві сторінки, на першій – сегментована картина, а на другій – палітра кольорів та референс. Дослідження [4,5] розглядають інтеграцію штучних нейронних мереж у процеси графічного редагування, розробку інтерактивного інтерфейсу. У контексті проєкту NumPaint цей підхід відкриває можливості для попередньої обробки зображень та інтелектуальної сегментації.



Рис. 1 – Робота програми

Висновок: об'єднання алгоритмів математичної обробки зображень та кластеризації кольорів в середовищі програмування Python стали ефективним рішенням для генерації сегментних картин за номерами. Проект має дуже перспективний комерційний потенціал у зв'язку з актуальністю серед різних вікових категорій. Він може бути використаний як самостійний сервіс для підприємців або допоміжний інструмент для індивідуального використання любителів ART-терапії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. K-Means Clustering in OpenCV. OpenCV Documentation, 2024. URL: https://docs.opencv.org/4.x/d1/d5c/tutorial_py_kmeans_opencv.html.
2. Harris, C.R., Millman, K.J., van der Walt, S.J. et al. Array programming with NumPy. Nature 585, 357–362 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>.
3. Computer Vision and Image Analysis. By Scott E Umbaugh. Edition 4th Edition. First Published 2023. 440 p.
4. Лук'янчук Ю.А., Здолбіцька Н.В., Повстяна Ю.С. Застосування штучних нейронних мереж для редагування візуальних зображень // Інформаційна безпека та комп'ютерні технології: Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції, Кропивницький, 19-20 травня 2022 р. – Кропивницький: Центральноукраїнський національний технічний університет, 2022. – С. 60-61.
5. Zdolbitska Nina, Zdolbitska Svitlana, Shevchuk Artem, Vrabel Andriy. Web-technologies for exchanging graphic messages in real time. XX International Scientific and Practical Conference. Scientific Research: Modern Challenges and Prospects. Prague, Czech Republic, April 24-26, 2024, P. 65-67.

УДК 378.147:004.9

ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З «КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ» МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ІГОР

МАРТИНОВА Н.С., ПОДЛУЖНИЙ Н.Д. (martynova.sumdu@gmail.com)
Сумський державний університет

У сучасному цифровому світі кібератаки являються поширеними та постійно прогресують. Тому при підготовці фахівців з кібербезпеки та захисту інформації значну увагу необхідно приділяти вивченню та практичному застосуванню сучасних методів протидії кібератакам. Теорія ігор має багато методів, які можуть бути застосовані для аналізу, виявлення загроз та захисту комп'ютерних мереж. Метою представленої роботи було змодельовати кібератаку, описати її у вигляді гри та реалізувати методом ітерацій (метод Брауна-Робінсона) для оптимальних стратегій.

Теорія ігор – це наука, що досліджує взаємодію між різними учасниками в ситуації, де кожен з них має свої власні цілі та обмеження. Теорія ігор має можливість моделювати поведінку кожного гравця, його стратегії, відображає взаємодію між гравцями-суперниками, де кожна сила зацікавлена у виграші, або навпаки, в уникненні програшу.

В кібербезпеці методи теорії ігор дозволяють аналізувати загрози, виявляти слабкі місця в системах, передбачати дії зловмисників, моделювати різні сценарії атак, виконувати оцінки ймовірності їх виникнення та визначати ефективні стратегії захисту. Теорія ігор має декілька ключових переваг, що сприяють її успішному використанню в сфері кібербезпеки:

- дозволяє залучати для прийняття рішень розвинений математичний апарат, який призначений для моделювання ситуацій прийняття рішень агентами за умов конфлікту і невизначеності;
- гарантує певний рівень безпеки за будь-яких дій інших учасників, забезпечує стійкість до будь-яких атак і підвищує ефективність захисних механізмів;

- створює систему взаємодії, де кожен гравець максимізує свій виграш і тим самим сприяє загальній системі захисту;
- розробляє оптимальні механізми захисту через створення протоколів, які заохочують кооперацію між користувачами та дозволяють їм об'єднуватися для відбиття атаки.

При моделюванні реальних кібератак на основі теорії ігор можна виділити кілька основних кроків:

1. Моделювання предметної області. Цей етап починається з побудови моделі. Це можуть бути динамічні системи (дискретні або неперервні), що описуються диференціальними рівняннями (з запізненнями, імпульсним керуванням), лінійні стаціонарні системи, мультиагентні системи тощо.

2. Постановка ігрової задачі. На цьому етапі визначаються всі ігрові характеристики: гравці, стратегії, інформованість та виграші. Ставиться задача ігрового аналізу, яка може полягати у формалізації ігрової моделі, пошуку рівноваги, визначенні найкращих стратегій та розробці оптимальних правил, за яких результат гри буде відповідати заданим критеріям.

3. Розв'язок. На цьому етапі розв'язується задача ігрового аналізу, включаючи пошук рівноваги, визначення алгоритмів навчання, які наближаються до точки рівноваги за умов обмеженої інформованості. Пошук алгоритмів навчання особливо важливий з огляду на обмеженість інформованості у реальних системах.

4. Побудова моделі взаємодії. На базі отриманих стратегій поведінки гравців та з використанням моделей предметної області будується модель конфлікту з метою визначення важливих характеристик, наприклад обчислення числових параметрів захищеності (вразливості) існуючої системи протидії. На цьому етапі виникає можливість вимірювання параметрів якості системи захисту або вразливості до певного типу атак.

5. Розв'язок проблеми забезпечення безпеки - останній етап. Обчислення характеристик вразливості до тих чи інших атак дає змогу поставити проблему про забезпечення безпеки системи, як задачу теорії ігор: яким параметрам має задовольняти система захисту, щоб гарантувати певний виграш за умов атаки. При розв'язанні цієї задачі використовуються різні методи та алгоритми, що дозволяють збільшити рівень захисту системи від кібератак.

Для прикладу використання теорії ігор в моделюванні захисту системи від кібератак студентам було запропоновано розглянути гру, в якій присутні два учасники: зловмисник та захисник, кожний з яких використовує свої власні стратегії та має свої цілі. Зловмисник використовує вектори атак та окремі атаки, тоді як захисник реалізовує та використовує відомі методи захисту в рамках своєї інформаційної системи. Виграшом для зловмисника є порушення цілісності, конфіденційності та доступності інформації, тоді як захисник має за мету недопущення вказаних дій.

Модель кібератаки описується як гра в нормальній формі, для якої зміст платіжної матриці буде представляти пара "інформаційна атака – метод захисту". Гра має нульову суму, оскільки виграш зловмисника призводить до втрат захисника.

Для математичного розв'язання задачі використовується метод ітерацій (метод Брауна-Робінсона). Цей метод демонструє накопичення досвіду шляхом багатьох повторень конфлікту. Метод передбачає розігрування "умовної гри", в якій гравці по черзі обирають свої стратегії один проти одного, прагнучи виграти якомога більше (програти якомога менше). Цей процес продовжується до досягнення кінцевого результату, коли гравці отримують оптимальні виграші та програші. За допомогою цього методу вирішили антагоністичну матричну гру в нормальній формі, яка змодельована для двох гравців (нападника та захисника) в області захисту комп'ютерних мереж.

Гра імітується серією "партій". Починається вона з того, що один з гравців (А – це буде зловмисник) робить свій вибір, допустимо, він грає стратегію A_i . Перший хід гравця А – вибір того рядку i , що забезпечує нижню ціну гри. Супротивник (В – захисник) відповідає на цей хід своїм вибором - він обирає зі своїх стратегій B_j , яка найвигідніша для нього, тобто обертає свій програш при стратегії A_i в мінімум – обирає j - стовпчик, що забезпечує мінімальний програш при вибраній гравцем А стратегії. Далі настає черга зловмисника А реагувати на дії захисника В – гравець А відповідає гравцеві В такою своєю стратегією A_k , яка дає максимальний виграш при стратегії B_j гравця В. Після цього черга переходить до гравця В, який відповідає своєю стратегією,

що мінімізує його програш. Він обирає стратегію, яка дає йому мінімальний програш відносно накопиченого виграшу гравця А, як сумарного виграшу при застосуванні стратегій A_i, A_k . Таким чином, на кожній ітерації гравці використовують оптимальні стратегії для максимізації свого виграшу та мінімізації програшу опонента. Цей процес продовжується до досягнення кінцевого результату, коли гравці отримують оптимальні виграші та програші.

Хід гри зручно відобразити в таблиці (табл.1). В таблиці представлені, окрім описаних вище даних, також нижня оцінка ціни гри U , що обчислюється як найменший середній виграш гравця А: $U_n = \frac{\min_k a_{ik}}{N}$, верхня оцінка ціни гри W , як найбільший середній програш гравця В: $W_n = \frac{\max_k a_{ik}}{N}$, а також наближена оцінка гри v – як середнє арифметичне між U та W .

Метод ітерацій зупиняється на кроці n , при заданому $\varepsilon > 0$, коли вперше виконається нерівність $W_n - U_n \leq \varepsilon$. В цьому разі ціна гри стає рівною $v \approx (W_n + U_n)/2$.

Взагалі модель будь-якої матричної гри з нульовою смою можновести до задач лінійного програмування.

Таблиця 1 – Модель ітераційного методу в грі «захисник-нападник»

№ партії	Стратегія зловмисника А	Накопичуваль-ний виграш гравця А			Стратегія захисника В	Накопичуваль-ний програш гравця В			U	W	v
1	A_i	a_{i1}	...	a_{im}	B_j	a_{1j}	...	a_{nj}	U_1	W_1	v_1
2	A_k	a_{k1}	...	a_{km}	B_l	a_{1l}	...	a_{nl}	U_2	W_2	v_2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N	A_p	a_{p1}	...	a_{pm}	B_t	a_{1t}	...	a_{nt}	U_N	W_N	v_N

При застосуванні методів теорії ігор необхідно враховувати їх недоліки. Визначимо деякі з них:

1. Найбільш дослідженими є ігри двох учасників, тому при розгляді проблем безпеки часто намагаються звести задачу до цього типу. Але це може призвести до втрати реалістичності при моделюванні більш складних процесів.

2. Матричні (статичні) ігри, які використовують через їх простоту, також малореалістичні. Майже всі реальні процеси змінюються у часі і вимагають відповідного моделювання. Це може зробити матричні ігри непридатними для дослідження більш складних систем.

3. При моделюванні стратегій, як правило, фіксується певна скінченна кількість станів, у яких може знаходитись гра. Відповідна скінченна гра може бути розв'язана, але на практиці кількість таких станів нескінченна, що потребує додаткових досліджень.

Таким чином, моделювання кібератак методами теорії ігор потребує подальшого вдосконалення, щоб з більшою точністю відображати реальний стан складних систем безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бінмор К. Теорія ігор: Дуже короткий вступ /пер. з англ. - Київ : Основи, 2021.- 184 с.
2. Інформаційна безпека: навчальний посібник / Ю. Я. Бобало, І. В. Горбатий, М. Д. Кіселичник, А. П. Бондарев, С. С. Войтусік, А. Я. Горпенюк, О. А. Нємкова, І. М. Журавель, Б. М. Березюк, Є. І. Яковенко, В. І. Отенко, І. Я. Тишик. - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. - 580 с.
3. Остапов С. Е. Кібербезпека: сучасні технології захисту: навчальний посібник / С. Е. Остапов, С. П. Євсєєв, О. Г. Король. - Львів : Новий Світ-2000, 2021. - 678 с. ISBN 978-617-7519-44-6.

РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНИХ ОСВІТНІХ ЗАСТОСУНКІВ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ІГРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАСНИЙ З. Р. (masnyj_zr@fizmat.tnpu.edu.ua),

КАРАБІН О. Й. (karabin@tnpu.edu.ua)

Тернопільського національного педагогічного
університету імені Володимира Гнатюка

У тезах розглянуто особливості розробки інтерактивних освітніх застосунків на основі сучасних ігрових технологій. Обґрунтовано доцільність використання ігрових механік, візуального середовища та елементів зворотного зв'язку для підвищення мотивації здобувачів освіти. Окреслено основні етапи проєктування навчального ігрового застосунку: визначення дидактичної мети, створення сценарію взаємодії, реалізація ігрової логіки, тестування інтерфейсу та оцінювання навчального ефекту.

Сучасний освітній процес потребує засобів, які дають змогу не лише передавати навчальну інформацію, а й підтримувати активну участь учня в її засвоєнні. Традиційні форми подання матеріалу часто не забезпечують достатнього рівня залучення, особливо під час вивчення тем, що вимагають багаторазового тренування, швидкої перевірки відповідей і поступового ускладнення завдань. У цьому контексті інтерактивні освітні застосунки, побудовані на основі ігрових технологій, можуть виконувати роль додаткового інструмента для формування практичних умінь і стійкої навчальної мотивації.

Постановка проблеми полягає у необхідності поєднання навчального змісту з такими ігровими механіками, які не відволікають від дидактичної мети, а, навпаки, допомагають її досягти. Освітній застосунок має бути зрозумілим для користувача, технічно стабільним, візуально привабливим і педагогічно доцільним. Тому під час його розробки важливо враховувати не лише програмну реалізацію, а й методичну структуру: які знання перевіряються, як формується завдання, у який спосіб користувач отримує результат і як система реагує на помилки [4].

Метою роботи є визначення особливостей проєктування та реалізації інтерактивного освітнього застосунку з використанням сучасних ігрових технологій. Для досягнення цієї мети було передбачено такі завдання: проаналізувати можливості ігрового підходу в навчанні; визначити базові компоненти освітнього застосунку; описати логіку взаємодії користувача з навчальними завданнями; розглянути роль візуального оформлення, інтерфейсу та зворотного зв'язку в підвищенні ефективності навчання [1].

Одним із доцільних інструментів для створення подібних застосунків є середовище Unity, яке дає змогу поєднувати ігрову сцену, об'єкти, фізику руху, інтерфейс користувача, анімації та програмні сценарії. У межах освітнього проєкту Unity може використовуватися для створення навчальних рівнів, інтерактивних меню, системи підрахунку балів, відображення підказок і перевірки відповідей. Важливою перевагою такого підходу є можливість швидко змінювати структуру завдань, додавати нові рівні складності та адаптувати застосунок до конкретної навчальної теми [3].

У процесі розробки освітнього ігрового застосунку першочергово визначається навчальна мета. Наприклад, якщо застосунок орієнтований на формування математичних навичок, ігрові дії можуть бути пов'язані з вибором правильної відповіді, проходженням перешкод після розв'язання прикладу, відкриттям нового рівня за умови виконання серії завдань або отримання балів за правильні дії. Такий підхід дозволяє поєднати тренувальні вправи з елементами гри, не перетворюючи навчання на механічне повторення [2].

Ігрова сцена є центральним простором взаємодії користувача із застосунком. Вона повинна містити не лише декоративні елементи, а й зрозумілі навчальні орієнтири: завдання, підказки, індикатор прогресу, кількість набраних балів або повідомлення про результат дії. Якщо користувач бачить зв'язок між правильно виконаним завданням і просуванням у грі, навчальний процес сприймається як послідовний і керований [5].



Рис. 1. – Загальний вигляд інтерфейсу освітнього ігрового застосунку

Другою важливою складовою є система зворотного зв'язку. Вона може реалізовуватися через текстові повідомлення, звукові сигнали, зміну кольору об'єкта, відкриття нового етапу або коротке пояснення помилки. Такий механізм допомагає користувачеві швидко зрозуміти результат власної дії та скоригувати подальшу поведінку. З педагогічної точки зору це важливо, оскільки помилка у грі не сприймається як остаточна невдача, а стає частиною навчального сценарію [1].

Під час створення інтерактивного освітнього застосунку доцільно використовувати принцип поступового ускладнення. На початковому етапі користувач виконує прості дії, знайомиться з інтерфейсом і правилами гри. Надалі система може пропонувати завдання вищого рівня складності, збільшувати швидкість реакції, обмежувати час виконання або вводити додаткові умови. Така структура дає змогу підтримувати інтерес і водночас уникати перевантаження [4].

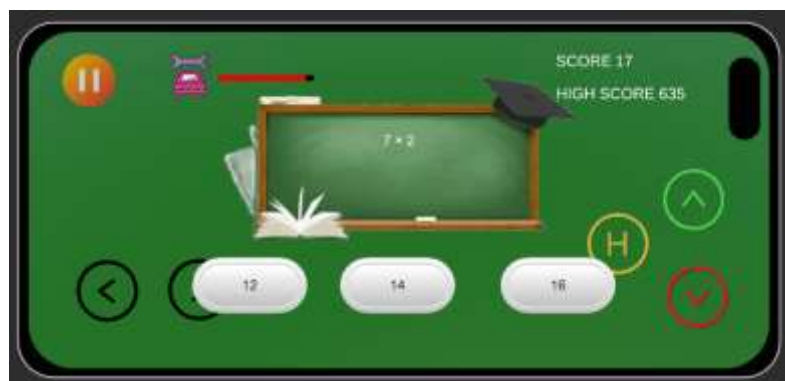


Рис. 2. – Приклад реалізації математичного завдання в застосунку

Інтерфейс освітнього застосунку має бути мінімалістичним і функціональним. Надмірна кількість елементів може відволікати користувача від навчального завдання, тому важливо залишати на екрані лише ті компоненти, які безпосередньо допомагають виконанню дії: умову, варіанти відповіді, кнопку підтвердження, показник прогресу та повідомлення про результат. Особливу увагу слід приділяти читабельності шрифтів, контрастності елементів і логічному розташуванню кнопок [5].

Практична цінність розробки полягає в тому, що інтерактивний застосунок може використовуватися як додатковий засіб під час уроку, самостійної роботи або повторення матеріалу. Учитель отримує можливість урізноманітнити навчальний процес, а учень — працювати з матеріалом у форматі, який передбачає активну дію, миттєву реакцію системи та наочне відображення прогресу. Крім того, такий застосунок можна доповнювати новими рівнями, темами й видами завдань без повної перебудови програмної основи.

Водночас використання ігрових технологій в освіті потребує обережного методичного підходу. Гра не повинна замінювати зміст навчання або перетворюватися лише на розвагу. Її функція полягає у створенні середовища, де навчальна дія стає більш зрозумілою, мотивуючою та

керованою. Тому ефективність такого застосунку залежить від балансу між ігровою динамікою, навчальними цілями та якістю технічної реалізації.

Висновки. Розробка інтерактивних освітніх застосунків на основі сучасних ігрових технологій є перспективним напрямом упровадження цифрових інструментів у навчальний процес. Використання Unity дає змогу поєднати програмну реалізацію, візуальне середовище, навчальний сценарій і механізми зворотного зв'язку. Найбільш ефективним є такий підхід, за якого ігрові елементи підпорядковані дидактичній меті, а користувач отримує зрозумілий шлях від виконання завдання до досягнення навчального результату. Подальший розвиток таких застосунків може бути пов'язаний з адаптивним добором складності, розширенням бази завдань і впровадженням інструментів для аналізу успішності користувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Unity Technologies, "Game Development Trends: 8 Expert Insights for 2025," Unity Blog, 2025. [Online]. Available: <https://unity.com/blog/game-development-trends-8-expert-insights-2025>. [Accessed: May 10, 2026].
- [2] U. Bakan and U. Bakan, "Game-based learning studies in education journals: A systematic review of recent trends," *Actualidades Pedagógicas*, no. 72, pp. 119–145, 2018, doi: 10.19052/ap.5245.
- [3] Unity Technologies, "Unity Learn Manual," Unity Learn, 2023. [Online]. Available: <https://learn.unity.com>. [Accessed: May 10, 2026].
- [4] B. Işık et al., "A Unity 3D educational game of compressed air system," *Procedia Computer Science*, 2025. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050925001486>. [Accessed: May 10, 2026].
- [5] Unity Technologies, "3D Beginner: Roll-a-Ball Game," Unity Learn, 2026. [Online]. Available: <https://learn.unity.com/project/roll-a-ball>. [Accessed: May 10, 2026].

УДК 37.014.3:004.588

МОДЕРНІЗАЦІЯ ОСВІТНІХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІДЕОІГОР

МЕТЕЛЬОВ А. О. (overload.am@gmail.com)

ModernGameDev

Мною була досліджена проблема відставання освітніх програм українських закладів вищої освіти від сучасних потреб цифрового ринку праці. Розглянуто можливості використання відеоігор та візуального програмування як інструментів модернізації освітнього процесу. Проаналізовано потенціал таких платформ, як Minecraft Education та Unreal Engine для розвитку мислення алгоритмами, набуття практичних навичок програмування та проектно-орієнтованого навчання. Окрему увагу приділено європейському досвіду інтеграції гейміфікації у навчальні процеси та прикладам розробки великих проектів, як фінальний етап здобуття вищої освіти.

Сучасний ринок професій змінюється значно швидше, ніж навчальні програми більшості українських університетів. Особливо це стосується сфер розробки відеоігор, інтерактивного медіа та цифрового контенту. Попри наявність в Україні великої кількості компаній з розробки та надання сервісу розробки для ігрової індустрії світового масштабу, профільні освітні програми лише починають формуватися, що створює дефіцит підготовлених кадрів для сучасних потреб вже сьогодні.

Одним із перспективних напрямів модернізації освітнього процесу є використання концепцій гейміфікації та навчання через відеоігри. Ігрові платформи створюють середовище, у якому студенти можуть отримувати знання через практичне використання навичок та творчість. Такий підхід сприяє підвищенню мотивації до навчання, розвитку нестандартного мислення, формуванню міждисциплінарних навичок та, відповідно, покращення рівня засвоєння матеріалу

Minecraft Education – офіційна освітня платформа від Microsoft — є одним із прикладів ефективної інтеграції шкільної програми у навчальний процес. Платформа дозволяє студентам створювати алгоритми за допомогою блокового програмування, що нагадує Scratch. Результат роботи миттєво відображається всередині ігрового середовища, що забезпечує високий рівень інтерактивності та залучення до навчання.

Використання подібних платформ дозволяє наблизити реальні продукти, методи розробки програмного забезпечення та сучасні рішення до кожного студента, який має доступ до комп'ютера чи iPad. Студенти можуть створювати автоматизовані системи, інтерактивні сценарії, системи діалогів та інші ігрові механіки, які будуть створювати вони у повноцінних проектах після завершення навчання.

Особливо хочу звернути увагу на європейський підхід до професійної освіти у сфері геймдеву. У багатьох європейських університетах дипломні проекти реалізуються у вигляді повноцінних продуктів, які презентуються на галузевих конференціях та професійних заходах. Такий підхід дозволяє студентам навчитися працювати в командах над різними частинами одного продукту, отримати практичний досвід взаємодії з потенційними роботодавцями та наповнити своє портфоліо проектами ще під час навчання.

Важливим аспектом модернізації освіти є також інтеграція сучасних ігрових рушіїв у навчальний процес. Unreal Engine використовується не лише в розробці відеоігор, а й у сфері архітектури, кінематографії, машинобудування та моделювання систем штучного інтелекту. Це демонструє універсальність подібних технологій та потенціал для їх міждисциплінарного навчання та використання у подальшому.

Підсумовуючи, звертаю увагу на використання відеоігор та візуального програмування як перспективного напрямку для модернізації української освіти. Щоб ефективно реалізувати цей напрямок, необхідно частіше оновлювати навчальні програми, залучати фахівців із професійної індустрії до викладання та розширювати співпрацю між університетами й представниками відеоігрового ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Minecraft Education, “Minecraft Education for Learning,” Microsoft, 2025. [Online]. Available: <https://education.minecraft.net/>.
- [2] Epic Games, “Unreal Engine in Education,” 2025. [Online]. Available: <https://www.unrealengine.com/en-US/education/>.
- [3] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, “Does Gamification Work? — A Literature Review of Empirical Studies on Gamification,” Proc. 47th Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 3025–3034, 2014.
- [4] D. Dichev and C. Dicheva, “Gamifying Education: What is Known, What is Believed and What Remains Uncertain,” Int. J. Educ. Technol. High. Educ., vol. 14, no. 9, 2017.
- [5] UNICEF, “Learning Losses and Education Recovery Programs,” 2024. [Online]. Available: <https://www.unicef.org/>.
- [6] Newzoo, “Global Games Market Report,” 2024. [Online]. Available: <https://newzoo.com/>.
- [7] Scratch Foundation, “Scratch Programming Environment,” 2025. [Online]. Available: <https://scratch.mit.edu/>.
- [8] A. Tlili et al., “The Impact of Gamification on Learning and Motivation,” Education Sciences, vol. 13, no. 2, 2023.
- [9] UNESCO, “Technology in Education: A Tool on Whose Terms?,” Global Education Monitoring Report, 2023.

PROMPT ENGINEERING ЯК СУЧАСНА АКАДЕМІЧНА НАВИЧКА В ESP-ПІДГОТОВЦІ ЖУРНАЛІСТІВ

МИКОЛАЙЧУК А.І. (alisa.mykolaichuk@knu.ua),
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У статті досліджується роль пром프트-інжинірингу як нової академічної навички в ESP-підготовці студентів-журналістів в умовах активного впровадження генеративного штучного інтелекту, зокрема ChatGPT. Проаналізовано вплив вправ уточнення та вдосконалення запитів (англ. *prompt refinement activities*) на якість професійно орієнтованого англомовного письма, з акцентом на розвиток жанрової відповідності, структурованості та аналітичності текстів. Емпіричне дослідження, проведене зі студентами 2 курсу, засвідчило, що уточнення запитів із врахуванням таких параметрів, як роль, аудиторія та комунікативна мета, суттєво підвищує якість згенерованого контенту. Окрему увагу приділено формуванню III-грамотності та критичного мислення як невід'ємних складових сучасної професійної підготовки журналістів. Отримані результати підтверджують педагогічну ефективність інтеграції ChatGPT у навчання англомовного письма в межах ESP-курсу.

Вступ. Генеративний штучний інтелект суттєво вплинув на практики викладання іноземних мов та академічного письма майбутнім журналістам. Одним із найпоширеніших III-інструментів у сфері ESP (English for Specific Purposes) є ChatGPT, який активно використовується для створення, редагування та вдосконалення текстів різних професійних жанрів. Сучасні дослідження наголошують, що ефективна взаємодія з генеративним штучним інтелектом потребує не лише цифрової грамотності, але, для отримання якісних результатів, навичок уміння формулювати чіткі, структуровані та цілеспрямовані запити, тобто навичок пром프트-інжинірингу (англ. *prompt engineering*) [1].

Використовуючи сучасні інструменти III, студенти мають усвідомлювати, що водночас якість згенерованих текстів значною мірою залежить від точності та деталізації сформульованих запитів (англ. *prompts*). Саме тому навчання студентів ефективної роботи із запитом стає важливим компонентом сучасного ESP-навчання [2].

Окрему увагу дослідники приділяють розвитку III-грамотності (англ. *AI literacy*) та критичного мислення у процесі роботи з генеративними моделями [3]. У контексті ESP-підготовки це дозволяє не лише вдосконалювати мовні навички студентів, але й формувати здатність критично оцінювати згенерований контент, перевіряти достовірність інформації та адаптувати тексти до професійних комунікативних ситуацій [4; 5].

Метою цього дослідження є аналіз пром프트-інжинірингу як нової академічної навички в ESP-підготовці студентів-журналістів та визначення впливу вправ, зокрема вправ на уточнення запитів (англ. *prompt refinement activities*) на якість професійно орієнтованого англомовного письма.

Методика дослідження. Дослідження проводилося серед студентів другого курсу спеціальності «Журналістика» під час занять з ESP. Практичні завдання були спрямовані на розвиток навичок ефективної та критичної взаємодії з ChatGPT у процесі створення професійно орієнтованих англомовних текстів.

Під час занять студенти виконували вправи на визначення ефективних і неефективних запитів, удосконалення нечітких запитів, додавання структурних компонентів до запитів та порівняння згенерованого контенту до і після уточнених запитів. Особлива увага приділялася таким елементам, як *role, audience, genre, tone, communicative purpose та word limit*. Студенти створювали запити для написання *analytical paragraphs, news reports, summaries та opinion texts*.

Аналіз результатів зосереджувався на якісних змінах у студентських запитах та згенерованих текстах, зокрема на рівні структурованості тексту, використанні професійної лексики, дотриманні жанрових особливостей, аналітичній глибині та загальній комунікативній ефективності.

Декларація використання III. Отримані результати студенти вносили в Google форму, що дозволило швидко порівняти та проаналізувати їх відповіді при допомозі III інструментів, зокрема ChatGPT.

При написанні цього дослідження ChatGPT було застосовано для первинного аналізу анонімізованих студентських робіт та даних, отриманих в результаті проведених занять, а також стилістичних правок тез. Всі отримані дані перевірено та кореговано авторкою.

Результати дослідження. Аналіз студентських робіт засвідчив поступове формування навичок промпт-інжинірингу в процесі ESP-підготовки майбутніх журналістів. На початковому етапі більшість студентів використовували короткі, нечіткі та узагальнені запити без конкретизації жанру, структури тексту або цільової аудиторії. Такі запити зазвичай призводили до створення поверхових і недостатньо професійно орієнтованих згенерованих текстів. Після виконання вправ на уточнення запитів типу *prompt refinement activities* студенти почали застосовувати більш деталізовані інструкції із зазначенням *role, audience, tone of voice, communicative purpose ma word limits*.

У процесі виконання практичних завдань студенти також навчилися адаптувати запити відповідно до конкретних жанрових вимог журналістського письма англійською мовою. Значна частина учасників використовувала запити для створення *analytical paragraphs, news reports, opinion texts ma summaries* із чітко визначеною структурою та стилістичними особливостями. Це свідчить про поступове формування не лише мовної, але й професійної комунікативної компетентності студентів у сфері медіа та журналістики.

Отримані результати засвідчили, що вдосконалення запитів позитивно вплинуло на якість згенерованого контенту. Порівняно з початковими варіантами, тексти стали більш структурованими, логічно організованими та аналітичними. Крім того, у студентських роботах спостерігалось активніше використання професійної лексики, академічного стилю та жанрово відповідних мовних конструкцій. Основні зміни у якості запитів та згенерованого контенту подано в табл. 1.

Таблиця 1 – Вплив уточнення запитів на якість письма в курсі англійської для журналістів

Початковий запит	Уточнення до запиту	Результати
«Напиши про ІІІ в журналістиці»	Роль, аудиторія, академічний тон, ліміт слів	Більш структурована та професійно орієнтована відповідь
«Поясни, що таке ІІІ»	Контекст для студентів-журналістів + вимога надати приклади	Більш релевантна лексика та аналітичний підхід
Загальне письмове завдання	Уточнення жанру (новина, резюме, есе-роздум)	Краще розуміння специфіки жанру та структури тексту
Короткі запити	Інструкції щодо структури та комунікативної мети	Покращена зв'язність та логіка викладу
Невизначена аудиторія	Вказівки щодо цільової аудиторії	Більш доречний вибір стилю та професійної лексики

Важливо, що студенти поступово почали усвідомлювати взаємозв'язок між якістю сформульованого запиту та якістю отриманого результату. У багатьох відповідях учасники прямо зазначали, що детальніші запити дозволяють отримати якісніший у професійному, академічному та сенсу структури тексти. Таким чином, робота з ChatGPT сприяла розвитку навичок академічного формулювання інструкцій та усвідомленого керування процесом генерації тексту.

Особливо важливим результатом дослідження стало формування критичного ставлення до згенерованого контенту. Студенти не лише вдосконалювали запити, але й аналізували слабкі сторони створених текстів, звертаючи увагу на надмірну узагальненість, відсутність конкретики, недостатню аналітичність та потенційні галюцинації. У деяких відповідях студенти також наголошували на необхідності перевірки та відповідального використання ІІІ у журналістиці.

Крім розвитку письмових навичок, *prompt engineering activities* позитивно вплинули на загальну навчальну мотивацію студентів. Використання реалістичних професійних завдань, пов'язаних із журналістикою, медіаетикою, ІІІ в створенні новинних повідомлень та перевірки достовірності даних (англ. *fact-checking*), зробило ESP-заняття більш орієнтованими на практичне використання та наближеними до реальних професійних ситуацій. У результаті студенти сприймали ChatGPT вже не як інструмент автоматичного створення тексту, а як допоміжний засіб для вдосконалення власного академічного та професійного письма.

Результати також підтвердили, що промпт-інжиніринг сприяє розвитку не лише мовної, але й академічної компетентності студентів. Удосконалюючи запити, студенти фактично навчалися структурувати власні комунікативні наміри, формулювати чіткі інструкції та адаптувати тексти до

професійних ситуацій у сфері журналістики. Таким чином, робота з ChatGPT у межах ESP-занять виконувала не лише допоміжну, але й навчально-аналітичну функцію.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило, що промпт-інжиніринг може розглядатися як нова академічна навичка в ESP-підготовці майбутніх журналістів. Використання вправ типу prompt refinement activities під час роботи з ChatGPT сприяло покращенню якості професійно орієнтованого англомовного письма студентів, зокрема структурованості текстів, логічності викладу, жанрової відповідності та використання професійної лексики.

Отримані результати також засвідчили розвиток ІІІ-грамотності та критичного мислення студентів. Учасники дослідження навчилися не лише формулювати ефективні запити, але й критично оцінювати згенероване, виявляти недоліки та вдосконалювати тексти відповідно до академічних і професійних вимог.

Отже, інтеграція ChatGPT та вправ з промпт-інжинірингу у ESP-навчання журналістів має значний педагогічний потенціал і може бути ефективним інструментом розвитку сучасної англомовної професійної комунікативної компетентності студентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Y. Walter, “Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 21, no. 15, 2024. doi: 10.1186/s41239-024-00448-3.

[2] P. S. Bhullar, M. Joshi, and R. Chugh, “ChatGPT in higher education — a synthesis of the literature and a future research agenda,” *Education and Information Technologies*, vol. 29, 2024. doi: 10.1007/s10639-024-12723-x.

[3] N. Knoth, A. Tolzin, A. Janson, and J. M. Leimeister, “AI literacy and its implications for prompt engineering strategies,” *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 6, 2024. doi: 10.1016/j.caeai.2024.100225.

[4] З. Дзюбата, «Застосування ІІІ у викладанні курсів ESL та ESP у агротехнічних закладах вищої освіти», Педагогічний дискурс, вип. 35, с. 14-18, Бер 2024. doi: 10.31475/ped.dys.2024.35.02.

[5] Ж. Бабенко, Т. Черніговець, «Формування навичок промпт-інжинірингу та контент-мейкінгу в майбутніх фахівців із документознавства та інформаційної діяльності в освітньому процесі закладу вищої освіти», Нова педагогічна думка, вип. 123, № 3, с. 9–15, Жовт 2025, doi: 10.37026/2520-6427-2025-123-3-9-15.

УДК 378.147:374:004.42:[794/.2]

ЛЬВІВСЬКИЙ ІГРОВИЙ ГУРТOK: МЕТОДИ НАВЧАННЯ І ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ

МИХАЙЛІВ А. П. (andrii.p.mykhailiv@lpnu.ua)
Національний університет «Львівська політехніка»

Дана робота присвячена діяльності нового навчального гуртка у «Львівській Політехніці» – Львівського Ігрового Гуртка. Заняття тривають 8 місяців і 15 активних студентів уже почали розвивати свої проєкти. У тезі проаналізовано методи навчання на гуртку та відгуки студентів.

Причини створення гуртка

Раніше [1] уже був проведений аналіз, як розвивалася ігрова освіта закордоном. Він показав, що люди можуть не втілити свої творчі ідеї через обмеження, які в свою чергу пов'язані із відсутністю потрібної інституції. Більше того, за кордоном навчання на розробника ігор перетворилося на інженерний напрям, який спонукає не відмовлятися від своїх художніх талантів.

Процес створення ігрового гуртка у «Львівській Політехніці» почався ще за рік до початку [2]. Головним поштовхом стало Ctrl+Alt+Disinfo [3]. Той факт, що уряд США був готовий виділити фінансову підтримку українському інді-сектору, показало цінність та фінансову

привабливість ринку відеоігор. Щоб такий ринок не маргіналізувався, було створено Львівський Ігровий Гурток (ЛІГ).



Рис. 1 – Логотип гуртка

Методи та матеріали навчання

Гурток працює очно, два рази на тиждень. Перший день лекція, другий – практика. Лекції містили усю можливу інформацію, що мінімально мусить знати студент про ігри, їхню історію, бізнес і командну роботу. Найкраще для цього підійшли лекції-конференції: формат із готовим матеріалом, але з його активним обговоренням [4]. Основними перевагами є активна участь студентів у процесі та можливість обміну досвідом та знаннями між учасниками, що розвитку критичного мислення, комунікативних навичок та здатності до співпраці. Проте, поки було вирішено, що студенти не готуватимуть власні матеріали, а лише озвучуватимуть свій досвід.

Практичні заняття були поділені на дві частини: підготовчу і самостійну. Підготовча включала у себе домашні завдання із розробки: Lean Canvas, портрету споживача-гравця, концепт документу, дизайн документу основної механіки та пітчінг (one-liner та elevator pitch) [5], [6]. Самостійне вивчення включало у себе вибір напрямку роботи над грою: сценарій, дизайн, арт-дизайн, музика і звісно розробка. Як викладач гуртка, брав на себе роль редактора і помічника у роботі. Під час самостійного навчання студентів, помагав їм із пошуком матеріалів, прикладів і вирішення помилок.

Кожен студент ЗВО міста Львів може доєднатися до ЛІГ та почати розвивати свою ідею. З нового року планується збільшити кількість занять на одне, щоб новачки могли прослухати всі лекції, а попередні учасники не втрачали час і могли займатися практикою надалі.

Результати

Станом на квітень 2026 року в активній розробці 4 проєкти та 2 повністю розписані відкладені. Найбільшого успіху досягли дві групи студентів, що змогли успішно представити свої ігри на Global Game Jam 2026 [7], [8], [9]. Іронічно, але обидві команди – це студенти 1 курсу рівня «бакалавр». Також, було розроблено модифікацію до настільно-рольових ігор [10]. На гуртку толерується розробка гри будь-якого жанру і форми.

Відгуки студентів

Під час інтерв'ю [11] студенти наголошували, що під час занять знайти однодумців і друзів. Навчилися шукати теми та ідеї, що резонують із сучасною аудиторією гравців. Завдяки гуртку студенти не втрачали свої творчі навички вступаючи на науково-інженерні спеціальності.

Висновки

Львівський Ігровий Гурток – це нова екосистема для розробників-новачків, мета якої це творчий розвиток студентів у місті Львів. Багато студентів успішно спробували себе у нових ролях і розвивають свої ідеї. ЛІГ має всі перспективи за пару років перетворитися в унікальну художню школу з розробки ігор при «Львівській політехніці».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] А. Михайлів, «РОЗВИТОК ОСВІТИ РОЗРОБНИКА ТА ДИЗАЙНЕРА ІГОР ЗА КОРДОНОМ. ДОСВІД ДЛЯ УКРАЇНИ», *Матеріали міжнародного науково-практичного семінару «Gamedev освіта в Україні» 2025*, с. 28–29, Трав 2025.

- [2] «З нового навчального року на кафедрі систем віртуальної реальності ІКНІ стартуватиме гурток з розробки ігор | Національний університет 'Львівська політехніка'». Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://lpnu.ua/news/z-novoho-navchalnoho-roku-na-kafedri-system-virtualnoi-realnosti-ikni-startuvatyme-hurtok-z>
- [3] «Ctrl+Alt+Disinfo – A United with Ukraine Game Jam». Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://unitedwithukraine.games/>
- [4] Л. Дмитрук, «Сучасна лекція: традиції і новаторство», *Pedagogics and Psychology*, с. 7–13, Трав 2024, doi: 10.31652/2415-7872-2024-77-7-13.
- [5] «Процеси, що підвищують шанси технологічних стартапів на успіх», DOU. Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://dou.ua/forums/topic/46971/>
- [6] «Все що треба знати про геймдизайн-документацію. Поради спеціаліста», DOU. Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://gamedev.dou.ua/blogs/all-about-game-design-documentation/>
- [7] «Результати оцінювання робіт на Global Game Jam 2026: три гри львівських політехніків увійшли до числа кращих | Національний університет 'Львівська політехніка'». Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://lpnu.ua/news/rezultaty-otsiniuvannia-robit-na-global-game-jam-2026-try-hry-lvivskykh-politehnikiv-uviihshly>
- [8] «Rip & Run | Global Game Jam». Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://globalgamejam.org/games/2026/rip-run-0>
- [9] «YAVA by peixxx», itch.io. Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://peixxx.itch.io/yava>
- [10] «Velet Hack / Велетенський Хак by Andrii Mykhailiv», itch.io. Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://andrii-mykhailiv.itch.io/velet-hack>
- [11] «Спробувати смак 'джему' можна у Львівській політехніці | Національний університет 'Львівська політехніка'». Дата звернення: 26, Квітень 2026. [Online]. Доступний у: <https://lpnu.ua/news/sprobuvaty-smak-dzhemu-mozhna-u-lvivskii-politekhniitsi>

УДК 378.016:004.42:794.8

ВИКЛИКИ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ РОЗРОБЦІ ІГОР В ЛЬВІВСЬКІЙ ПОЛІТЕХНІЦІ

МИХАЙЛІВ А. П., МАРІКУЦА У. Б.

(andrii.p.mykhailiv@lpnu.ua, uliana.b.marikutsa@lpnu.ua)

Національний університет «Львівська політехніка»

Був проведений ретроспективний аналіз навчання розробці ігор у Національному університеті «Львівська Політехніка» (далі НУ ЛП) в Інституті комп'ютерних наук та інформаційних технологій. На даний момент є дві кафедри: Систем віртуальної реальності та Інженерії програмного забезпечення, що мають окремі напрямки розробки ігор.

Обидві кафедри НУ ЛП дотримуються регламенту Стандартів вищої освіти України [1], [2]. Таких же вимог зобов'язані дотримуватися і інші університети в Україні [3], [4] у галузі «І2 Інформаційні технології» (сучасний номер галузі F). Зараз це означає, що першочергова мета НУ ЛП – це підготувати програмістів, які здатні писати код для студії з розробки ігор. Проте, багато ігор можна розробляти примітивними утилітами або візуальним програмуванням: Blueprints в Unreal Engine [5], Visual Scripting в Unity [6]. Більше того, існують вузьконаправлені рушії розробки ігор, де написання коду або не потрібне або свідомо обмежене, як-от RPG Maker, на якому досі щороку створюють сотні успішних ігор [7]. Таким чином, першим викликом для НУ ЛП стає відсутність стандартів вищої освіти, які розумітимуть, що гра – це не тільки код. Що відеоігри, що настільні ігри відносять [8] до синкретичної (поєднаний з різнорідних частин) форми мистецтва.

Навчальні напрямки із розробки ігор

Кафедра Систем віртуальної реальності, згідно спеціальності «122 Комп'ютерні науки» (сучасний код F3), зосереджується на створенні та моделюванні цифрових розваг у окремому напрямку «Технології цифрових розваг» [9] поступово готуючи студентів до роботи в ІТ-сфері. Вибіркові дисципліни надають знання з технологій розробки ігор та засобів AR/VR систем: Інноваційна діяльність та стартапи, Ігровий дизайн, Основи розроблення ігор, Створення ігрового контенту, Створення користувацьких інтерфейсів для VR/AR-систем тощо. Здобувач освіти отримає на кафедрі поглиблене розуміння технологій доповненої реальності для ігор, симуляторів, цифрового туризму тощо.

Кафедра Інженерії програмного забезпечення («121 Інженерія програмного забезпечення», сучасний код F2) повністю зосереджується на розробці. Напрямок «Програмування мультимедіа та ігор» [10] надає різноманітний спектр знань для розробки майже усіх видів ігор: Програмування віртуальної реальності, Програмування штучного інтелекту для ігор, Технології мультимедіа тощо. Відповідно студенти кафедри матимуть менше труднощів із пошуком роботи та зміною місця праці.

Обидві кафедри справляються із вимогою підготувати талановитих інженерів, але в них майже нема місця у навчальному плані, як працювати із художньою складовою ігор.

Художня складова

Найчастіше за кордоном розробку ігор викладають в університетах культури. Також, багато відомих розробників ігор починали свою кар'єру із письменництва або кіно [11]. Проаналізувавши галузь освіти «02 Культура і мистецтво» (сучасний номер галузі В). Першою можна побачити спеціальність «021 Аудіовізуальне мистецтво та виробництво» (сучасний код В1) [12]. Напрямок повністю зосереджений на мистецькій складовій та майже повністю ігнорує застосування програмного коду чи CAD рушіїв для створення медіа.

Звісно з точки зору розробників ігор, потрібно спершу моделювати ігри, що однозначно є задачею інформаційних технологій [13]. Проте, дослідники у сфері лудології [14] багато років пояснюють, чому не варто відкидати наратив у іграх. Навіть без найпростішого аудіовізуального сторітелінгу гра буде невдалою.

Висновки

Студенти, що хочуть вивчати розробку ігор в НУ ЛП стикаються із тими ж проблемами, що й студенти в інших навчальних закладах України. Сучасні Стандарти вищої освіти України не мають єдиного рішення, щоб правильно підготувати спеціаліста з розробки ігор. Також, може виникнути хибна думка, що сучасні ігри мають вивчатися закладами культури, але практика великих провалів [15] показує зворотнє. Гравці ігноруватимуть художню складову, якщо будуть не задоволені механіками, але і навпаки – погана історія спотворить ігровий досвід. Отже, треба знайти рішення, як політехнічним університетам синкретично розширити галузь F компетентностями із галузі В.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] «СТАНДАРТ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ (Бакалавр) 122 Комп'ютерні науки». Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/07/12/122-kompyut.nauk.bakalavr-1.pdf>
- [2] «СТАНДАРТ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ (Бакалавр) 121 Інженерія програмного забезпечення». Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/121-inzhener.programn.zabezp.bakalavr-1.pdf>
- [3] «Програмування ігрових систем». Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://op.edu.ua/education/programs/bac-122-12>
- [4] «Програмування комп'ютерних ігор | Освітній процес в КПІ ім.Ігоря Сікорського». Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: https://osvita.kpi.ua/F2_OPPB_PKI
- [5] «Візуальне програмування. Як створити зручний та якісний алгоритм», DOU. Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://gamedev.dou.ua/blogs/visual-programming-blueprints/>
- [6] «Game Code using Visual Scripting», DEV Community. Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://dev.to/maweexy/game-code-using-visual-scripting-55n8>

- [7] «RPGMaker». Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: https://store.steampowered.com/tags/en/RPGMaker/?snr=1_5_9_409
- [8] A. Sharma i Sonika, «ENTERTAINING FORMS OF ART (REFERENCE – TRADITIONAL BOARD GAMES)», *Int. J. Res. Granthaalayah*, вип. 14, вип. 2SCE, с. 58–68, Лют 2026, doi: 10.29121/granthaalayah.v14.i2SCE.2026.6693.
- [9] «Кафедра систем віртуальної реальності». Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://xr.net.ua/#perspectives>
- [10] «Software Department. Карта курсів (бакалавр)», Кафедра програмного забезпечення - Національний Університет «Львівська Політехніка». Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://pz.lpnu.ua/abituriyentu/speczialnosti/karta-kursiv-bakalavr/>
- [11] А. Михайлів, «РОЗВИТОК ОСВІТИ РОЗРОБНИКА ТА ДИЗАЙНЕРА ІГОР ЗА КОРДОНОМ. ДОСВІД ДЛЯ УКРАЇНИ», в *МАТЕРІАЛИ Міжнародного науково-практичного семінару GAMEDEV ОСВІТА В УКРАЇНІ*, м.Кропивницький: Кропивницький: ЕТІ, Трав 2025, с. 28–29.
- [12] «СТАНДАРТ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ (Бакалавр) 021 Аудіовізуальне мистецтво». Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2021/07/28/021-Audioviz.myst-vyrobn-bakalavr.28.07.pdf>
- [13] «Все що треба знати про геймдизайн-документацію. Поради спеціаліста», DOU. Дата звернення: 03, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://gamedev.dou.ua/blogs/all-about-game-design-documentation/>
- [14] L. Ash i W. Despain, «Designing For Ludonarrative Harmony», Southern Methodist University, 2016.
- [15] J. Schreier, *Press reset: ruin and recovery in the video game industry*, First edition. New York Boston: Grand Central Publishing, 2021.

УДК 378.147:004.056.55

ВІД АЛГОРИТМУ ЕВКЛІДА ДО ЗАХИСТУ ОНЛАЙН-ГРИ: MAPLE-ТРЕНАЖЕРИ З МАТЕМАТИЧНИХ ОСНОВ КРИПТОГРАФІЇ

МИХАЛЕВИЧ В. М. (mykhalevych@vntu.edu.ua)

МОРОЗ М. А. (moroz.meha20@gmail.com)

НАГОРНИЙ М. О. (maksnagorny888@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

У роботі розглядається використання курсу з математичних основ криптографії, зокрема криптосистеми RSA, як мотиваційного контексту у викладанні вищої математики для здобувачів технічних спеціальностей. Показано, що ключові теми курсу — алгоритм Евкліда, функція Ейлера, символи Лежандра та Якобі, Китайська теорема про лишки — є фундаментом захисту даних у мережевих комп'ютерних іграх. Описано розроблені автором Maple-тренажери з покроковим поясненням та відкритий лабораторний курс «Математичні основи криптографії», що утворюють завершений навчально-методичний комплекс із наскрізним ігровим сценарієм.

Постановка проблеми

Відсутність у здобувачів технічних спеціальностей достатнього розуміння зв'язку між абстрактними математичними поняттями та їх реальним застосуванням залишається однією з головних педагогічних проблем курсу вищої математики. Класичні теми – теорія чисел, модульна арифметика, алгоритм Евкліда, функція Ейлера – нерідко сприймаються як суто умоглядні конструкції без жодного практичного виходу.

Водночас ці самі поняття є фундаментом сучасної криптографії, що у свою чергу є невід'ємною складовою кожної мережевої комп'ютерної гри. Зокрема, RSA та споріднені з ним за математичним апаратом методи застосовуються у таких ігрових контекстах: автентифікація гравця на ігровому сервері – RSA-підпис при встановленні захищеного з'єднання (TLS/SSL); шифрування

сесійних ключів – RSA шифрує симетричний ключ сесії (AES), яким захищається весь ігровий трафік (той самий принцип реалізований у протоколі Діффі–Хелмана на основі модульної арифметики); цифровий підпис ігрового клієнта – підписування оновлень та патчів RSA-підписом; захист внутрішньоігрових транзакцій – платіжні шлюзи ігрових магазинів (Steam, Epic Games Store) на основі PKI з RSA та ECDSA; античит-системи (Valve Anti-Cheat, Easy Anti-Cheat) – верифікація цілісності ігрового процесу із застосуванням тесту простоти через символ Якобі. Усе перелічене реалізується засобами математики, знайомої зі стандартного університетського курсу з математичних основ криптографії [1]. Отже, криптографія утворює природний і мотиваційно потужний місток між абстрактною математикою та цифровим середовищем, що є близьким сучасним студентам.

Математичні основи криптографії в контексті ігрових технологій

Розглянемо деякі ключові математичні поняття, що одночасно входять до програми математичних основ криптографії і є базою криптографічних протоколів, застосовуваних у геймінгу:

1. Алгоритм Евкліда та НСД – основа генерації ключів у RSA, використовується для перевірки взаємної простоти та знаходження оберненого елемента в кільці лишків.
2. Функція Ейлера $\phi(n)$ – центральний елемент теореми Ейлера, на якій побудований криптографічний протокол RSA; застосовується для обчислення відкритого та закритого ключів.
3. Символи Лежандра та Якобі – інструменти теорії квадратичних лишків, що використовуються в алгоритмах тестування простоти чисел та генерації криптографічно стійких параметрів.
4. Китайська теорема про лишки (КТЛ) – дозволяє суттєво прискорити операцію RSA-дешифрування (алгоритм Гарнера), що є критично важливим для серверів онлайн-ігор з великим навантаженням.
5. Модульна арифметика і швидке піднесення до степеня – безпосередньо реалізуються при шифруванні/дешифруванні повідомлень та цифровому підписі.

Отже, RSA-криптосистема є унікальним прикладом, де здобувач бачить застосування одразу кількох тем курсу вищої математики у єдиній, зрозумілій та актуальній задачі [1].

Maple-тренажери як інструмент покрокового формування компетентностей

Для підтримки запропонованого підходу автором розроблено та впроваджено серію Maple-тренажерів – інтерактивних покрокових середовищ для самостійного розв'язування типових математичних задач з автоматичною перевіркою та текстовими поясненнями кожного етапу. Наразі реалізовано та опубліковано тренажери з таких тем [2–9]:

- алгоритм Евкліда (знаходження НСД, розширена форма, застосування до генерації ключів);
- обчислення функції Ейлера $\phi(n)$ для довільного натурального числа;
- обчислення символів Лежандра та Якобі з покроковим розкладанням за властивостями;
- ряд інших тренажерів з теорії чисел і дискретної математики.

З методичної точки зору Maple-тренажер функціонує за логікою, аналогічною до ігрової механіки «рівнів складності»: здобувач проходить задачу крок за кроком, на кожному етапі отримуючи підказку або підтвердження правильності, що відповідає принципу негайного зворотного зв'язку (immediate feedback), добре дослідженому в теорії ігрового навчання [10].

Лабораторний курс «Математичні основи криптографії» з використанням Maple

На основі розроблених тренажерів створено та розміщено у відкритому доступі для студентів ВНТУ повноцінний курс лабораторних робіт з дисципліни «Математичні основи криптографії» [4]. Курс охоплює наскрізний ланцюжок від фундаментальних понять до реалізації криптографічних протоколів:

- теоретико-числові основи (розширений алгоритм Евкліда, функція Ейлера, тест простоти через символ Якобі);
- повна реалізація алгоритму RSA в середовищі Maple: генерація ключів, шифрування, дешифрування, цифровий підпис;
- оптимізація RSA із застосуванням Китайської теореми про лишки (алгоритм Гарнера) – демонстрація реального прискорення обчислень;

- аналіз стійкості та практичні атаки на «слабкі» параметри – формування критичного розуміння безпеки.

Наскрізним практичним сценарієм курсу є захист даних гравця в онлайн-грі: здобувачі «від руки» проходять увесь шлях – від генерації ключової пари до шифрування ігрового повідомлення і його розшифрування на стороні сервера. Це забезпечує цілісне розуміння того, як абстрактна математика працює у реальній ігровій інфраструктурі.

Результати впровадження та спостереження

Апробація розробленого навчально-методичного комплексу у процесі викладання вищої математики та дисципліни «Математичні основи криптографії» засвідчила низку позитивних ефектів. Здобувачі, які попередньо опрацювали Maple-тренажери з алгоритму Евкліда та функції Ейлера, значно впевненіше виконують лабораторні роботи з RSA – оскільки бачать ці теми не ізольовано, а як елементи єдиної системи.

Розміщення лабораторного курсу у відкритому доступі дозволило залучити до самостійної роботи здобувачів поза аудиторним розкладом. Зворотний зв'язок свідчить про підвищення мотивації передусім у тих здобувачів, які цікавляться ІТ та геймінгом і раніше не вбачали зв'язку між «теоретичною» математикою та своєю майбутньою спеціальністю.

Висновки

Математичні основи криптографії, зокрема криптосистема RSA, є потужним мотиваційним контекстом для формування математичних компетентностей здобувачів вищої освіти технічних спеціальностей. Вона природно інтегрує кілька тем курсу (теорія чисел, модульна арифметика, функція Ейлера, КТЛ) в єдину прикладну задачу, що демонструє здобувачам практичну цінність теоретичного матеріалу та безпосередній зв'язок із реальними ігровими технологіями.

Розроблені Maple-тренажери з покроковим поясненням та відкритий лабораторний курс утворюють завершений навчально-методичний комплекс, що реалізує принцип «математика → модель → застосування в грі». Подальші перспективи пов'язані з розширенням тематики тренажерів (еліптичні криві, протоколи Діффі–Хелмана), а також, можливо, інтеграцією елементів геймдизайну безпосередньо в інтерфейс тренажерів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Menezes, P. C. van Oorschot, and S. A. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1996. [Online]. Available: <https://cacr.uwaterloo.ca/hac/>.
2. Михалевич В. М., Рогачевський Д. Б., Желницький Д. Ю., Балух Б. А. Навчальний Maple-тренажер з обчислення функції Ейлера. LI Науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, м. Вінниця, 2022. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/.../15034/12681>.
3. Залепа О. В., Гурін С. В., Михалевич В. М. Комп'ютерна програма «Factorization of numbers by the Fermat method». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 110120. Дата реєстрації: 08.12.2021. Бюл. № 68 від 31.01.2022.
4. Михалевич В. М., Тютюнник О. І., Корінний О. Навчальний Maple-тренажер з обчислень за розширеним алгоритмом Евкліда. Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції «Сучасні науково-методичні проблеми математики у вищій школі», 23–24 травня 2022 р. Київ: НУХТ, 2022. С. 80–83. [Електронний ресурс]. URL: <https://drive.google.com/file/d/1VlroDm7>.
5. Добранюк Ю. В., Михалевич В. М., Коломієць А. А., Козак О. М. Застосування СКМ Maple для побудови 3D графіків в задачах обчислення об'єму фігур. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2022. № 2(17). С. 115–123.
6. Михалевич В. М., Тютюнник О. І., Коломієць А. А., Пінчук Д. О., Магденко А. Р., Добранюк Ю. В. Комп'ютерна програма «Maple програма генерування індивідуальних завдань з теми "Шифрувальні матриці"». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 120822. Дата реєстрації: 26.07.2023. Бюл. № 77 від 29.09.2023.
7. Михалевич В. М., Тютюнник О. І. Вища математика з Maple підтримкою. Теорія рядів. Ч. 1. Числові ряди: електронний навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2023. 111 с.
8. Михалевич В. М., Васирина А. В. Демонстрація ефективності застосування Китайської теореми про лишки під час операції розшифрування даних в методі RSA. Матеріали LIІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ (НТКП ВНТУ–2024), м. Вінниця, 20–22 черв. 2024 р. Вінниця, 2024. С. 381–389. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/.../19856/16444>.

9. Mykhalevych V., Maidanivych L. Use of the Maple system in mathematical problems of cryptography. Part 1. Elementary theory of numbers. Information Technology and Computer Engineering. 2024. Vol. 59, No. 1. P. 105–118. doi: <https://10.31649/1999-9941-2024-59-1-105-118>.

10. R. E. Mayer, Multimedia Learning, 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2009.

УДК 372.881.1:004.9

ГЕЙМІФІКАЦІЯ МОВНОГО НАВЧАННЯ: АНАЛІЗ ІГРОВИХ МЕХАНІЗМІВ DUOLINGO

МОЗГОВИЙ Д.А. (mozgovyi.dmytro@gmail.com)

МАКСИМЧУК Я.В., РІППА С.П. (rippa.serhii@kneu.edu.ua)

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

У роботі досліджуються ігрові механізми платформи Duolingo та їх вплив на мотивацію й ефективність засвоєння іноземних мов. Розглядаються системи балів, серій, досягнень та соціальної конкуренції як інструменти підтримки навчальної активності користувачів. Аналізуються психологічні основи гейміфікації, наводяться дані щодо ефективності підходу та розкривається роль технологій штучного інтелекту в персоналізації навчального процесу.

Постановка проблеми. Вивчення іноземних мов традиційно пов'язане з високим рівнем відмов та низькою залученістю учнів. За різними оцінками, більшість тих, хто починає вивчення мови самостійно, припиняє заняття впродовж перших місяців через відсутність мотивації та видимого прогресу. Гейміфікація — впровадження ігрових елементів у неігровий контекст — розглядається як один із ключових підходів до вирішення цієї проблеми [1].

Об'єкт дослідження — процес гейміфікації в цифрових освітніх платформах.

Предмет дослідження — ігрові механізми платформи Duolingo та їх вплив на мотивацію й ефективність мовного навчання.

Завдання дослідження. Відповідно до предмета визначено такі завдання:

- систематизувати ігрові механізми, реалізовані на платформі Duolingo;
- проаналізувати психологічні основи гейміфікованого навчання та їх зв'язок із мотивацією;
- оцінити ефективність підходу на основі наявних емпіричних досліджень;
- розкрити роль технологій штучного інтелекту в розвитку гейміфікованих навчальних платформ.

Виклад основного матеріалу. Duolingo — одна з найпопулярніших у світі платформ для вивчення мов з аудиторією понад 500 мільйонів зареєстрованих користувачів — будує весь досвід навчання навколо ігрових принципів. Платформа використовує комплексний набір механізмів [2]:

1. Система серій (streaks): щоденне відстеження неперервності занять формує звичку та активує страх втрати (loss aversion) — один із найпотужніших психологічних мотиваторів.
2. Очки досвіду (XP) та ліги: нарахування балів за кожне виконане завдання і змагальна система ліг стимулюють як внутрішню мотивацію (відчуття прогресу), так і зовнішню (конкуренція).
3. Система досягнень та нагород: значки і трофеї за певні показники формують відчуття майстерності та завершеності.
4. Адаптивна складність: алгоритми платформи підлаштовують рівень завдань під поточний рівень користувача, забезпечуючи стан «поток».
5. Соціальні механізми: списки друзів, спільні завдання та реакції формують соціальний тиск і підтримку.

Психологічну основу цих механізмів становлять три ключові потреби самодетермінаційної теорії Десі та Раяна: автономія (користувач сам обирає мову та темп навчання), компетентність (постійний зворотний зв'язок і відчуття зростання) та зв'язок (соціальна взаємодія з іншими учнями) [3].

Щодо ефективності платформи, дослідження Веселінова та Грегго (City University of New York, 2012) показало, що 34 години роботи з Duolingo еквівалентні одному семестру університетського курсу іноземної мови для студентів без попередніх знань [4]. Водночас слід враховувати методологічні обмеження цього дослідження: воно охоплювало відносно невелику вибірку, а тест проводився безпосередньо після навчання без оцінки довгострокового засвоєння. Критики зазначають, що платформа формує залежність від зовнішніх нагород і недостатньо розвиває навички вільного мовлення та письма.

Штучний інтелект у Duolingo. Окремої уваги заслуговує інтеграція технологій штучного інтелекту в платформу. Duolingo активно використовує машинне навчання для формування адаптивного навчального маршруту: алгоритми аналізують помилки користувача, частоту повторень і час відповідей, оптимально плануючи сесії за принципом інтервального повторення (spaced repetition). Алгоритм інтервального повторення SM-2, що лежить в основі системи Duolingo, описується такими формулами:

$$\begin{aligned} I(1) &= 1; I(2) = 6; I(n) = I(n-1) \cdot EF, \text{ при } n > 2 \\ EF' &= EF + (0,1 - (5 - q) \cdot (0,08 + (5 - q) \cdot 0,02)) \end{aligned} \quad (1)$$

де

$I(n)$ — інтервал до наступного повторення (у днях);

EF — коефіцієнт легкості (Easiness Factor, діапазон 1,3–2,5), що відображає індивідуальну складність матеріалу для конкретного учня;

q — оцінка якості відповіді за шкалою 0–5.

Алгоритм забезпечує мінімально необхідну кількість повторень при максимальному довгостроковому запам'ятовуванні.

У 2023–2024 роках компанія запровадила підписку Duolingo Max на базі GPT-4, яка включає функцію «Roleplay» — інтерактивні діалогові ситуації з ШІ-персонажами для практики мовлення, та «Explain My Answer» — детальне пояснення помилок у контексті завдання [5]. Перспективним напрямом розвитку платформи є впровадження агентної архітектури штучного інтелекту (Agentic AI). На відміну від поточної моделі, де ШІ реагує на окремі запити користувача, агентний підхід передбачає автономного ШІ-агента, здатного: самостійно діагностувати прогалини у знаннях учня на основі повної історії сесій; формувати персоналізований багатоетапний навчальний план; проактивно адаптувати складність і формат завдань; інтегруватися із зовнішніми ресурсами — новинними стрічками, подкастами, автентичними текстами — для навчання у реальному комунікативному середовищі. Така архітектура реалізує принциповий перехід від реактивної гейміфікації до *проактивної персоналізованої освітньої траєкторії*, де ШІ виступає не інструментом, а повноцінним учасником навчального процесу [6]. Ці функції дозволяють наблизити цифровий формат навчання до живої комунікації, усуваючи одну з головних критичних претензій до гейміфікованих платформ.

Таблиця 1 – Порівняння поточної архітектури Duolingo та агентної ШІ-архітектури

Характеристика	Поточна система	Агентна ШІ-архітектура
Ініціатива	Користувач	ШІ-агент
Аналіз прогресу	Сесійний	Довгостроковий
Адаптація контенту	За алгоритмом	За цілями учня
Взаємодія з ресурсами	Внутрішній контент	Зовнішні джерела
Зворотній зв'язок	Після завдання	Проактивний

Висновки. Гейміфікація мовного навчання на прикладі Duolingo демонструє значний потенціал для підвищення мотивації та залученості учнів. Комплекс ігрових механізмів — серії, бали, адаптивність та соціальні елементи — формує середовище, яке підтримує регулярну

навчальну активність і спирається на базові психологічні потреби людини. Наявні дослідження підтверджують ефективність підходу, хоча й указують на його обмеженість у розвитку продуктивних мовленнєвих навичок. Перспективним напрямом є подальша інтеграція генеративного штучного інтелекту для персоналізації діалогових ситуацій і поглибленого зворотного зв'язку в межах ігрового середовища. Пріоритетним напрямом подальших досліджень є проектування та апробація агентної III-архітектури у складі освітніх платформ, що дозволить подолати реактивний характер сучасної гейміфікації та забезпечити повністю персоналізовану, адаптивну навчальну траєкторію для кожного користувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kapp K. M. The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education. San Francisco: Pfeiffer, 2012. 336 p.
2. Duolingo. How Duolingo works. URL: <https://www.duolingo.com/approach> (дата звернення: 10.05.2026).
3. Deci E. L., Ryan R. M. Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. Canadian Psychology. 2008. Vol. 49, No. 3. P. 182–185.
4. Vesselinov R., Grego J. Duolingo effectiveness study. City University of New York, 2012. URL: https://static.duolingo.com/s3/DuolingoReport_Final.pdf (дата звернення: 10.05.2026).
5. Duolingo. Duolingo Max: Learning with AI. Duolingo Blog, 2023. URL: <https://blog.duolingo.com/duolingo-max/> (дата звернення: 10.05.2026).
6. Wang L., Ma C., Feng X. et al. A Survey on Large Language Model based Autonomous Agents. Frontiers of Computer Science. 2024. Vol. 18, No. 6. URL: <https://arxiv.org/abs/2308.11432> (дата звернення: 12.05.2026).

УДК 004.4:061.2-053.6

МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ПІДТРИМКИ КОМУНІКАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ПОДІЯМИ МОЛОДІЖНОЇ СПІЛЬНОТИ «САД БОСКО»

МОКРА О.Р. (oksana.mokra.sa.2022@lpnu.ua)

Національний університет «Львівська Політехніка»

У роботі розглядається розробка мобільного застосунку для підтримки діяльності молодіжної волонтерської спільноти "САД Боско". Описано проблеми цифровізації некомерційних організацій, методологію моделювання бізнес-процесів засобами IDEF0 та реалізацію застосунку на Flutter з використанням протоколу MQTT для моніторингу заходів у реальному часі.

Більшість молодіжних волонтерських організацій України функціонують без спеціалізованих інформаційних систем. Управління здійснюється через розрізнені інструменти – месенджери, електронні таблиці та зовнішні форми реєстрації [1]. Спільнота «Сад Боско» при парафії Різдва Пресвятої Богородиці у Львові об'єднує близько 120 аніматорів-волонтерів та щороку організовує заходи для понад тисячі дітей [2]. Відсутність єдиної платформи управління призводить до інформаційної фрагментованості, ручного обліку навчального процесу аніматорів та неефективної координації заходів.

Порівняльний аналіз існуючих платформ, таких як: VolunteerHub [3], Better Impact [4], MinHub Youth [5] показав, що жодна з них не відповідає специфічним потребам організації. Усі вони є платними, англomовними та не підтримують ієрархічної системи навчання волонтерів із переходами між рівнями. Це обґрунтувало доцільність розробки власного спеціалізованого рішення.

Для формалізованого опису бізнес-процесів спільноти застосовано методологію функціонального моделювання IDEF0. Побудована трирівнева модель у CASE-засобі AllFusion Process Modeler охоплює чотири підфункції: управління обліковими записами, навчальним процесом, заходами та реєстрацією, інформування учасників і формування звітності. Виявлено

шість ключових проблемних зон та сформульовано двадцять функціональних вимог до застосунок.

Розроблений мобільний застосунок реалізований на фреймворку Flutter та забезпечує рольову систему доступу для шести категорій учасників, централізоване управління розкладом подій через програмний інтерфейс на Flask, моніторинг стану заходу в реальному часі через протокол MQTT, а також реєстрацію учасників без зовнішніх сервісів. Серверна частина використовує SQLite для зберігання даних без необхідності розгортання окремого серверного процесу. Для імітації роботи датчиків розроблено допоміжний скрипт мовою Python, що публікує тестові дані на брокер повідомлень.

Верифікацію розробленого рішення проведено шляхом виконання трьох контрольних сценаріїв, що охоплюють реєстрацію та авторизацію користувача, управління розкладом подій та моніторинг стану заходу в реальному часі. За результатами верифікації вісім із дев'яти перевірених функціональних вимог підтверджено як повністю виконані. Розроблений застосунок відповідає загальносвітовій тенденції переходу некомерційних організацій від розрізнених цифрових інструментів до єдиних інтегрованих платформ управління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міністерство соціальної політики України, «Про затвердження Державної цільової соціальної програми з розвитку волонтерської діяльності в Україні на період до 2030 року», 2022. URL: <https://www.msp.gov.ua/legislation/draft-legal-acts/pro-zatverdzhennya-derzhavnoyi-tsilovoyi-sotsialnoyi-prohramy-z-rozvytku-volonterskoyi-diyalnosti>
2. Парафія Різдва Пресвятої Богородиці, "Аніматори «Сад Боско»,» theotokos.org.ua. URL: <https://theotokos.org.ua/animatory-sad-bosko/?i=1>
3. VolunteerHub, "Volunteer Management Software for Nonprofits," volunteerhub.com. URL: <https://volunteerhub.com/>
4. Better Impact, "Volunteer Management Software," betterimpact.com. URL: <https://www.betterimpact.com/>
5. MinHub Apps, "MinHub Youth Overview," YouTube, 2022. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=q8kNVpGMRKI>

УДК 004.9:378.147:61

АДАПТИВНА ГЕЙМІФІКАЦІЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЛІЦЕНЗІЙНОГО ІНТЕГРОВАНОГО ІСПИТУ «КРОК» У МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ

МОРГУНОВ Р. В. (morhunor.r@gmail.com)

ЛІЩИНСЬКА Л. Б. (llb@vntu.edu.ua)

Вінницький національний технічний університет

У тезах обґрунтовано концепцію мобільного застосунок для підготовки до ліцензійного інтегрованого іспиту «КРОК», у якому гейміфікація розглядається як інструмент підтримання навчальної регулярності, самоконтролю та поступового підвищення готовності до повноформатної тестової сесії. Особливістю підходу є врахування 150-питального формату іспиту, використання реальних питань попередніх років, а також поєднання коротких тренувальних сесій, повторення помилкових завдань і післятестової аналітики без обов'язкового поділу матеріалу на окремі тематичні фільтри.

Постановка проблеми. Підготовка до ліцензійного інтегрованого іспиту «КРОК» відрізняється від традиційного вивчення дисципліни, оскільки студент працює з великим масивом тестових завдань, а повноцінний іспит містить 150 питань. Для «Крок 2» і «Крок 3» ДНТ «Центр якості освіти МОЗ» зазначає використання завдань множинного вибору з однією правильною відповіддю та кількість завдань 150 [1, 2]. Значна частина підготовки здійснюється через проходження тестових завдань попередніх років та їхніх аналогів, однак без системного аналізу помилок це може призводити до механічного запам'ятовування відповідей, а не до формування стійкої готовності до іспиту.

Актуальність теми. Актуальність дослідження зумовлена тим, що багато цифрових засобів підготовки переважно забезпечують доступ до банку питань, але недостатньо підтримують регулярність навчання, повторення помилок, самоконтроль і довготривале утримання знань. Гейміфікація як використання ігрових елементів у неігровому контексті може підвищувати навчальну активність і мотивацію майбутніх фахівців охорони здоров'я [3, 6]. Водночас недостатньо розробленим залишається застосування гейміфікації саме до повних екзаменаційних наборів, наближених до реального формату іспиту.

Мета роботи. Метою роботи є підвищення результативності підготовки до ліцензійного інтегрованого іспиту «КРОК» шляхом обґрунтування концепції адаптивної гейміфікації, що підтримує регулярне проходження тестів, повторення помилкових завдань і контроль індивідуального прогресу. Для досягнення мети визначено специфіку підготовки до іспиту «КРОК», що дало змогу обґрунтувати потребу в адаптивній моделі навчання; проаналізовано роль гейміфікації як засобу підтримання регулярності підготовки; запропоновано структуру тестової сесії для наближення навчання до реального формату іспиту; сформовано підхід до повторення помилок з метою підвищення стійкості знань; визначено показники готовності студента для контролю індивідуального прогресу.

Гейміфікація в цій роботі розглядається не як декоративний елемент інтерфейсу, а як педагогічний інструмент керування навчальною поведінкою. У систематичному огляді з освіти медичних професій показано, що гейміфіковані підходи можуть покращувати навчальні результати, особливо коли ігрові елементи впливають на поведінку та ставлення до навчання [3]. Новіші дані для підготовки студентів-медиків і суміжних спеціальностей також вказують на позитивний вплив гейміфікації на мотивацію та впевненість, хоча ефективність залежить від дизайну конкретної освітньої інтервенції [4]. Отже, для застосунку доцільно використовувати не абстрактне накопичення балів, а механіки, пов'язані з реальними навчальними діями.

Сутність запропонованого підходу полягає в тому, що повний тест на 150 питань подається як екзаменаційна симуляція з чіткою метою, обмеженням часу, етапами проходження та підсумковою картою результатів. Коротші режими на 10, 25 або 50 питань доцільно трактувати як тренувальні сесії, призначені для підтримання регулярності та поступового зменшення кількості помилок. Оскільки в поточній моделі застосунку не передбачено ручного фільтрування за окремими дисциплінарними розділами, адаптивність має реалізовуватися через історію відповідей, частоту помилок, час виконання та повторення завдань, а не через вибір користувачем конкретної теми. Такий підхід зберігає простоту інтерфейсу й водночас дозволяє оцінювати готовність у форматі, наближеному до реального іспиту.

Кожне тестове завдання в системі доцільно зберігати як об'єкт з такими ознаками: належність до відповідного іспитового напрямку, рік появи, джерело або статус ліцензованого аналога, правильність попередніх відповідей, час відповіді, суб'єктивна впевненість студента, кількість повторень, дата останньої спроби, а також належність до групи схожих або повторюваних питань. Остання ознака є важливою, оскільки реальні питання попередніх років можуть повторюватися повністю або концептуально. Якщо студент лише впізнає формулювання, застосунок не повинен автоматично інтерпретувати це як повне засвоєння матеріалу. Доцільно доповнювати правильність відповіді показниками стабільності результату, швидкості виконання та повторного успішного проходження подібного завдання.

Адаптивна пріоритезація питань може базуватися на інтегральному ризиковому показнику, що враховує помилки, повільну відповідь, низьку впевненість, давність останнього повторення та належність до групи завдань, які мають підвищену ймовірність повторного використання або концептуальної подібності. У спрощеному вигляді пріоритет питання можна оцінювати як суму зважених ознак: помилка має найбільшу вагу, час відповіді й невпевненість - середню, а давність повторення активує механіку інтервального навчання. Така модель зменшує ризик ситуації, коли студент переважно проходить знайомі завдання та отримує штучно завищений показник готовності.

Методичною основою повторення тестових завдань є практика відтворення інформації з пам'яті (retrieval practice) та інтервальне / розподілене повторення (spaced repetition). Дослідження в медичних і біомедичних навчальних програмах показує, що повторне відтворення знань через питання, рознесені в часі, може допомагати запобігати втраті знань без суттєвого погіршення якості оцінювання [5]. Це означає, що застосунок має повертати студентів не випадкові старі

питання, а насамперед ті завдання, які були виконані неправильно, давно не повторювалися або належать до групи формулювань, де студент демонструє нестабільний результат.

Ігрові механіки пропонується поділити на чотири групи. Перша група - прогрес майстерності: рівень користувача визначається не кількістю натискань, а стабільністю правильних відповідей у кількох послідовних сесіях. Друга група - контрольні випробування: складні або часто помилкові групи завдань, які пропонуються після базового проходження. Третя група - підтримка регулярності: система заохочує безперервність навчання, але не створює надмірного покарання за пропуск дня. Четверта група - персональні навчальні цілі: наприклад, пройти визначену кількість питань без підказок, повторити завдання, виконані неправильно раніше, або завершити коротку сесію з вищим показником впевненості.

Окремо слід уникати надмірної соціальної конкуренції. Публічні рейтинги можуть мотивувати частину користувачів, однак для іспитів високої значущості вони здатні підвищувати тривожність. Тому доцільнішим є приватний рейтинг особистого прогресу, порівняння студента із власними попередніми результатами та необов'язкові групові активності. У центрі має бути не змагання між студентами, а поступове зниження індивідуального ризику помилок у повноформатній екзаменаційній сесії.

Очікуваним результатом реалізації є мобільний навчальний цикл: первинна діагностика, проходження коротких тренувальних сесій, 150-питальна симуляція, післятестовий аналіз, інтервальне повторення та повторна симуляція. За відсутності ручних тематичних фільтрів головне значення набуває якісна аналітика після проходження: частка правильних відповідей, динаміка помилок, середній час відповіді, стабільність результату та перелік завдань, які потребують повторення. При цьому застосунок має працювати з легальною базою питань: офіційними відкритими матеріалами у межах дозволеного використання, ліцензованим контентом або авторськими аналогами, що відтворюють структуру й дидактичну логіку «КРОК» без порушення прав власників матеріалів.

Висновки. Отже, проблема недостатньої підтримки регулярності підготовки, повторення помилок, самоконтролю та довготривалого утримання знань у цифрових засобах підготовки до іспиту «КРОК» вирішується завдяки запропонованій концепції адаптивної гейміфікації. Визначення специфіки підготовки до іспиту дало змогу обґрунтувати потребу в адаптивній моделі навчання, аналіз гейміфікації підтвердив її доцільність для підтримання навчальної активності, а запропонована структура тестових сесій забезпечує поєднання коротких тренувань із повноформатною 150-питальною симуляцією. Сформований підхід до повторення помилкових завдань сприяє усуненню прогалин у знаннях, а визначені показники готовності студента дають змогу контролювати індивідуальний прогрес. Таким чином, мету роботи досягнуто: запропонована концепція перетворює підготовку до «КРОК» із простого проходження тестів на керований адаптивний процес поступового підвищення готовності студента до реального іспиту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] ДНТ «Центр якості освіти МОЗ», «Крок 2». [Електронний ресурс]. URL: <https://www.testcentr.org.ua/uk/component/sppagebuilder/?id=54&view=page>. Дата звернення: 14.05.2026.
- [2] ДНТ «Центр якості освіти МОЗ», «Крок 3». [Електронний ресурс]. URL: <https://www.testcentr.org.ua/uk/krok-3>. Дата звернення: 14.05.2026.
- [3] A. E. J. van Gaalen, J. Brouwer, J. Schönrock-Adema, T. Bouwkamp-Timmer, A. D. C. Jaarsma, and J. R. Georgiadis, "Gamification of health professions education: a systematic review," *Advances in Health Sciences Education*, vol. 26, pp. 683–711, 2021, doi: 10.1007/s10459-020-10000-3.
- [4] Y. K. Seo, C. M. Kang, K. H. Kim, and I. S. Jeong, "Effects of gamification on academic motivation and confidence of undergraduate nursing students: A systematic review and meta-analysis," *Nurse Education Today*, vol. 143, Art. no. 106388, 2024, doi: 10.1016/j.nedt.2024.106388.
- [5] S. C. M. Donker et al., "Retrieval practice and spaced learning: preventing loss of knowledge in Dutch medical sciences students in an ecologically valid setting," *BMC Medical Education*, vol. 22, Art. no. 65, 2022, doi: 10.1186/s12909-021-03075-y.
- [6] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From game design elements to gamefulness: defining gamification," in *Proc. MindTrek*, 2011, pp. 9–15, doi: 10.1145/2181037.2181040.

ФЕНОМЕН ГЕЙМЕРСТВА: ВІД ГРИ ДО НАВЧАННЯ

МУЗИЧКА Н.С., ХАРЧЕНКО І.В, ЯКОВЛЕВ Р.Е. (muznata2015@gmail.com)

Комунальний заклад «Ліцей №24» Кам'янської міської ради

У тезах досліджено феномен геймерства як складову сучасної молодіжної культури та інноваційний інструмент організації освітнього процесу. Розглянуто можливості використання навчальних комп'ютерних ігор і технологій гейміфікації в закладах загальної середньої освіти. Проаналізовано вплив гейміфікованого навчання на мотивацію, пізнавальну активність та ефективність засвоєння навчального матеріалу учнями. Представлено результати створення та апробації авторських навчальних ігор у межах педагогічно-учнівського STEAM-проєкту «Геймерство: феномен освіти чи стиль життя». Доведено, що впровадження гейміфікації сприяє розвитку критичного, логічного та алгоритмічного мислення, формуванню цифрових компетентностей і міжпредметних зв'язків.

Сучасна освіта перебуває в умовах активної цифрової трансформації, що вимагає переосмислення традиційних методів навчання та впровадження інноваційних педагогічних підходів. Учні нового покоління зростають у цифровому середовищі, де значну роль відіграють інтерактивність, візуалізація та ігрова діяльність. Саме тому традиційні форми подання матеріалу дедалі частіше втрачають ефективність і не забезпечують належного рівня зацікавленості школярів.

Одним із перспективних напрямів модернізації освіти є гейміфікація – використання ігрових механік у неігровому середовищі. Особливого значення набуває феномен геймерства, який сьогодні варто розглядати не лише як форму дозвілля, а і як потенційний інструмент навчання, розвитку та соціалізації учнів.

Проблематика використання комп'ютерних ігор у навчанні активно досліджується сучасними педагогами, психологами й фахівцями у сфері цифрової освіти. Науковці наголошують, що навчальні ігри сприяють розвитку мотивації, концентрації уваги, логічного мислення та комунікативних навичок. Водночас питання практичного створення авторських навчальних ігор і їх комплексного впровадження в освітній процес залишається актуальним та потребує подальшого дослідження.

У сучасному суспільстві комп'ютерні ігри стали невід'ємною частиною життя молоді. Для більшості учнів цифровий світ є звичним середовищем спілкування, пізнання та самореалізації. Саме тому геймерство доцільно розглядати як культурний та освітній феномен.

Освітній потенціал комп'ютерних ігор полягає у створенні інтерактивного середовища, де учень виступає активним учасником навчального процесу. Ігрові механіки стимулюють інтерес до навчання, формують ситуацію успіху та забезпечують швидкий зворотний зв'язок.

У роботі уточнено поняття гейміфікації навчання як процес інтеграції ігрових механік, цифрових інструментів і педагогічних технологій у навчальний процес з метою підвищення мотивації, активності та результативності навчальної діяльності учнів.

Ефективне впровадження гейміфікації ґрунтується на таких принципах: педагогічна доцільність; системність; адаптивність; інтерактивність; доступність; практична спрямованість.

Використання навчальних ігор дозволяє перетворити учня з пасивного спостерігача на активного учасника освітнього процесу, що позитивно впливає на якість засвоєння знань.

Практична частина дослідження реалізована у формі педагогічно-учнівського STEAM-проєкту «Геймерство: феномен освіти чи стиль життя», який було впроваджено в освітньому процесі Ліцею №24. Його метою є визначення впливу гейміфікації на мотивацію до навчання. У проєкті взяли участь 250 учнів 5–9 класів. Для досягнення мети було створено власні інформаційні продукти – навчальні комп'ютерні ігри – та впроваджено їх в освітній процес Ліцею №24. Оригінальність проєкту полягає в тому, що вчителі Ліцею, крім наявних навчальних інструментів, почали використовувати авторські комп'ютерні ігри, створені командою учнів.

Реалізація проєкту включала три етапи. У межах першого етапу відбувалося безпосереднє проєктування та створення навчальних комп'ютерних ігор. Розроблялися сценарії ігрових ситуацій, завдання різного рівня складності, система підказок і зворотного зв'язку. Важливою

складовою першого етапу стало попереднє апробування та коригування створених матеріалів. На основі зауважень і рекомендацій педагогів уточнювався зміст завдань у грі, удосконалювався інтерфейс ігрових продуктів, забезпечувалася їх доступність і зручність використання. Таким чином, перший етап став основою для подальшого впровадження навчальних комп'ютерних ігор, спрямованих не лише на засвоєння навчального матеріалу, а й на стимулювання пізнавальної активності, самостійності та творчого мислення учнів.

Другий основний етап проєкту був присвячений безпосередньому впровадженню розроблених навчальних комп'ютерних ігор у освітній процес. На цьому етапі ігри систематично використовувалися в практиці роботи вчителів-предметників під час проведення уроків та позакласних заходів. Навчальні ігри інтегрувалися в структуру уроків як елемент мотивації, пояснення нового матеріалу, закріплення знань і формування практичних навичок. Їх застосування сприяло активізації пізнавальної діяльності учнів, підвищенню зацікавленості до навчання та залученню школярів до активної взаємодії з навчальним контентом. У процесі впровадження ігрові завдання адаптували відповідно до вікових особливостей учнів 5–9 класів, рівня їх підготовки та навчальних цілей. Використання ігрових технологій сприяло створенню позитивного емоційного фону на уроках, розвитку співпраці між учнями, учнями та вчителем та підвищенню ефективності засвоєння навчального матеріалу. На цьому етапі проєкту відбулося формування та становлення авторської геймерської методики навчання, яка стала логічним продовженням використання розроблених навчальних комп'ютерних ігор. У процесі їх систематичного використання в освітньому середовищі виникла потреба не лише застосовувати ігри як окремі дидактичні інструменти, а й вибудувати цілісну методику їх педагогічно доцільного використання.

Третій етап передбачав перевірку ефективності проєкту. На цьому етапі була здійснена обробка даних анкетування учнів 5–9 класів. Аналіз відповідей респондентів показав, що переважна частина опитаних учнів позитивно або нейтрально ставиться до навчання в школі. Так, 58% респондентів зазначили, що їм подобається або переважно подобається навчання, тоді як 23% виявили байдуже ставлення. Негативне ставлення до навчального процесу продемонстрували лише 2% учнів.

Авторська геймерська методика народилася безпосередньо з практики: через спостереження за навчальною діяльністю учнів, аналіз їхньої залученості, навчальних досягнень і поведінкових реакцій під час ігрової взаємодії. Було визначено оптимальні форми, етапи та умови використання комп'ютерних ігор у навчальному процесі, з'ясовано, на яких етапах уроку ігрові завдання є найбільш ефективними, як поєднувати ігрову діяльність із традиційними методами навчання.

У межах проєкту проаналізовано сучасні навчальні комп'ютерні ігри; створено авторські цифрові інформаційні продукти; досліджено вплив навчальних ігор на мотивацію учнів; проведено анкетування та спостереження; розроблено рекомендації щодо використання гейміфікації в школі.

Особливу увагу було приділено створенню власних навчальних ігор: «Сучасні робінзони», «Шашки», «П'яташки», «Карта України», «Найрозумніший». Вони були інтегровані в уроки інформатики, математики, географії, літератури, фізичної культури та позакласну діяльність.

Використання авторських ігор сприяє підвищенню рівня навчальної мотивації; розвитку логічного та алгоритмічного мислення; активізації пізнавальної діяльності; розвитку цифрових компетентностей; формуванню міжпредметних зв'язків; покращенню співпраці між учнями. Доведено, що навчальні комп'ютерні ігри можуть бути ефективним інструментом модернізації сучасної освіти, особливо в умовах цифровізації та дистанційного навчання.

Результати дослідження підтверджують перспективність використання гейміфікації як інноваційного засобу організації освітнього процесу. Феномен геймерства в сучасних умовах набуває нового значення та може розглядатися як важливий ресурс розвитку освіти.

Упровадження навчальних комп'ютерних ігор сприяє підвищенню мотивації учнів, активізації пізнавальної діяльності, формуванню цифрових компетентностей і розвитку навичок ХХІ століття. Розроблена авторська модель гейміфікації може бути рекомендована для використання в практиці закладів загальної середньої освіти з урахуванням вікових особливостей учнів і специфіки навчального предмета.

Матеріали дослідження можуть бути використані педагогами під час організації уроків, позакласної діяльності та дистанційного навчання, а також у подальших наукових дослідженнях у сфері цифрової освіти та STEAM-педагогіки.

Збірка ігор творчої STEAM-майстерні «PixelArt» представлена на сайті закладу: STEAM-майстерня «PixelArt»

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. Ю. Биков, «Інноваційні технології навчання в умовах цифровізації освіти: монографія». Київ, Україна: Педагогічна думка, 2019.
2. І. В. Губарев, Д. О. Савінський, «Практичний курс занять з шашкового спорту: навчальний посібник». Кам'янське, Україна: ДДТУ, 2018.
3. Н. В. Морзе, В. П. Вембер та М. А. Гладун, «Гейміфікація як інструмент формування мотивації до навчання в умовах цифрового освітнього середовища». Інформаційні технології і засоби навчання, т. 75, № 1, с. 39–54, 2020.
4. Н. С. Музичка, О. С. Дашко, «Гейміфікація при вивченні географії: створення гри «Карта України». Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні ігри і мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2025», Одеса, Україна, 25–26 вер. 2025, с. 86–89.
5. Н. С. Музичка та І. В. Харченко, «Гейміфікація: STEAM-підхід при вивченні літературної класики в цифрову епоху». Матеріали III міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні аспекти розвитку STEAM-освіти в умовах євроінтеграції», Кропивницький, Україна, 24 квіт. 2025, с. 310–312.
6. О. М. Пехота, «Сучасні педагогічні технології: навчально-методичний посібник». Київ, Україна: А.С.К., 2018.
7. В. Д. Шарко, «Навчальна гра як засіб активізації пізнавальної діяльності учнів». Педагогіка і психологія, № 2, с. 45–51, 2016.

УДК 37.018.43:004.9

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПЛАТФОРМ KAHOOT!, QUIZIZZ ТА DUOLINGO

НЕСТЕРЧУК О. М. (oksananestercuk353@gmail.com)

Український Державний Університет залізничного транспорту

У статті проведено порівняльний аналіз трьох популярних гейміфікованих освітніх платформ — Kahoot!, Quizizz та Duolingo. Розглянуто їхні ключові механізми, переваги та обмеження на основі результатів емпіричних досліджень. Встановлено, що ефективність кожної платформи визначається умовами застосування: Kahoot! оптимальний для синхронного групового навчання, Quizizz — для асинхронного самостійного оцінювання, Duolingo — для позааудиторного вивчення мов із чіткою практичною мотивацією. Зроблено висновок про відсутність універсального інструменту гейміфікації та необхідність свідомого вибору платформи відповідно до педагогічної мети.

У сучасному освітньому просторі цифрові технології стрімко змінюють усталені підходи до навчання. Одним із найбільш обговорюваних напрямів є гейміфікація — використання ігрових механік у неігровому середовищі. Більшість викладачів переконані, що достатньо просто «додати гру» до заняття, аби підвищити інтерес студентів. Проте насправді ефективність гейміфікації залежить від того, який саме інструмент обрано і як його застосовано. Серед найпопулярніших цифрових платформ на основі гейміфікації — Kahoot!, Quizizz та Duolingo. Кожна з них має власну логіку, власні переваги та обмеження, і саме тому їх порівняння є важливим як для науковців, так і для практикуючих педагогів.

Поняття гейміфікації в освіті передбачає застосування таких ігрових елементів, як бали, рейтинги, значки, рівні та змагання у навчальних активностях. Головна мета полягає не в тому, щоб перетворити навчання на розвагу, а в тому, щоб задіяти внутрішню мотивацію учнів, підвищити їхню залученість та покращити засвоєння матеріалу. Як зазначають дослідники, гейміфікація надає можливість миттєвого зворотного зв'язку, що є одним із ключових факторів ефективного навчання, а також забезпечує прозорість оцінювання для всіх учасників освітнього процесу.

Kahoot! – одна з найбільш відомих у світі освітніх платформ, якою, за даними на момент досліджень, користувалися понад 30 мільйонів людей. Принцип роботи платформи нагадує телевізійну вікторину: питання проєктуються на спільний екран, а студенти відповідають зі своїх смартфонів або планшетів, вводючи PIN-код. Бали нараховуються за поєднанням правильності та швидкості відповіді, а таблиця лідерів відображається після кожного запитання. Такий формат створює потужну конкурентну атмосферу в аудиторії. Дослідження, проведене в університеті Нової Зеландії із застосуванням якісних методів (напівструктуровані інтерв'ю з 14 студентами), виявило чотири ключові теми позитивного впливу: увага та зосередженість, взаємодія та залученість, засвоєння й запам'ятовування знань, а також задоволення від процесу навчання [2]. Студенти відзначали, що Kahoot! мотивував їх уважніше слухати лекцію, оскільки вони хотіли добре виступити у вікторині. Важливим є й те, що анонімність платформи — можливість обирати довільне ім'я – дозволяла сором'язливим студентам брати участь без страху бути осудженими. Разом із тим дослідники зафіксували і негативний аспект: прагнення перемогти іноді переважало над бажанням осмислити матеріал – студенти відповідали імпульсивно, не вникаючи в суть запитання. Крім того, при регулярному використанні Kahoot! протягом семестру спостерігалось, що позитивна динаміка поступово знижувалась.

Quizizz будується на принципово іншій моделі взаємодії. На відміну від Kahoot!, де всі учасники бачать одне й те саме запитання на спільному екрані, у Quizizz кожен студент отримує завдання безпосередньо на свій пристрій і відповідає у зручному для нього темпі. Після завершення вікторини є можливість переглянути власні відповіді — правильні та хибні, — що сприяє рефлексії та глибшому опрацюванню матеріалу. Порівняльне дослідження серед 250 студентів кафедри англійської мови в Індонезії показало, що за показниками ентузіазму та мотивації Quizizz отримав вищий бал, ніж Kahoot! (15 002 проти 12 248 за шкалою Лайкерта), а студенти обирали Quizizz частіше через можливість навчатись у власному темпі [3]. Водночас інше дослідження зі змішаним дизайном, де порівнювались три групи майбутніх учителів — з Kahoot!, з Quizizz і без гейміфікації, – показало, що активності з Quizizz мали менший вплив на академічні досягнення, ніж навіть традиційний метод навчання [4]. Це свідчить про те, що Quizizz є сильнішим у плані суб'єктивного задоволення студентів, але не завжди забезпечує кращі об'єктивні результати навчання.

Duolingo займає окрему нішу серед гейміфікованих платформ. На відміну від Kahoot! і Quizizz, які використовуються переважно в аудиторії під керівництвом викладача, Duolingo орієнтований на самостійне вивчення іноземної мови у позааудиторний час. Платформа поєднує адаптивний алгоритм навчання з ігровими елементами: серіями занять, нагородами, рівнями та рейтингами. Незалежне дослідження ефективності Duolingo, проведене серед 88 учасників, які вивчали іспанську мову, зафіксувало статистично значуще покращення результатів іспиту в середньому на 91,4 бала [5]. Ефективність склала 8,1 бала WebCAPE за годину занять, а особа без попередніх знань мови в середньому потребувала близько 34 годин роботи з платформою, аби засвоїти матеріал першого університетського семестру. Якісне дослідження підтвердило, що користувачі загалом позитивно сприймають гнучкість і гейміфікацію Duolingo, проте відзначають мінливість власної мотивації та розчарування окремими завданнями. Показово, що найвища ефективність була зафіксована у тих, хто вивчав мову з конкретною практичною метою — наприклад, для подорожі: 17,6 бала за годину проти 5,7 у тих, хто навчався з особистого інтересу. Це підкреслює вирішальну роль зовнішньої мотивації для ефективного використання платформи.

Порівняння трьох платформ дозволяє виявити як спільні риси, так і принципові відмінності між ними. Усі три побудовані на механізмах миттєвого зворотного зв'язку, елементах змагальності та балової системи. Водночас Kahoot! максимально ефективний у синхронному груповому форматі — на лекції або практичному занятті, – де спільний екран і музика створюють атмосферу

командної гри. Quizizz натомість дає студентам більше автономії та підходить для асинхронного або диференційованого оцінювання, коли важливо врахувати індивідуальний темп роботи. Duolingo виходить за межі аудиторії і є інструментом для тривалого самостійного навчання, де ключовим фактором успіху виступає власна мотивація учня. Таким чином, жодна з трьох платформ не є універсальним рішенням – кожна з них вирішує конкретне педагогічне завдання.

Отже, гейміфікація є дієвим інструментом підвищення залученості та мотивації студентів, проте її ефективність визначається не самим фактом використання ігрових елементів, а правильністю вибору платформи відповідно до мети заняття. Kahoot! доцільно застосовувати для групового повторення матеріалу та активізації уваги на занятті. Quizizz рекомендований для самостійного або диференційованого оцінювання, особливо в умовах дистанційного навчання. Duolingo є ефективним доповненням до курсів іноземних мов для студентів із чіткою практичною метою. Перспективою подальших досліджень є вивчення довгострокового впливу цих платформ на академічні досягнення студентів вітчизняних закладів вищої освіти, а також розробка методичних рекомендацій щодо їх інтеграції в навчальні програми різних спеціальностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Деллос Р. Kahoot! Цифровий ігровий ресурс для навчання. Міжнародний журнал з навчальних технологій та дистанційного навчання. 2015. Т. 12. № 4. с. 49–52.
- [2] Лікоріш С. А., Оуен Г. Е., Деніел Б., Джордж Дж. Л. Сприйняття студентами впливу Kahoot! на процес викладання та навчання. Дослідження та практика в галузі навчання з використанням технологій. 2018. Т. 13. № 9. 23 с.
- [3] Басукі Й., Хідаяті Й. Н. Kahoot! чи Quizizz: погляд студентів. Матеріали 3-ї Міжнародної конференції з англійської мови та літератури. 2019.
- [4] Туран З., Мерал Е. Ігрові проти неігрових: Вплив систем відповідей студентів на їхні досягнення, залученість та тестовий стрес. Інформатика в освіті. 2018.
- [5] Весселінов Р., Гредо Дж. Дослідження ефективності Duolingo. Міський університет Нью-Йорка. 2012. 24 с. 6. Лестарі В. та ін. Застосування додатка Quizizz у навчанні. Журнал розвитку громади. 2022. Т. 3. № 3. с. 1462–1465.

УДК 621.762:678-19

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

ПАСТЕРНАК В.В. (Pasternak.Viktorii@vnu.edu.ua),
Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна

У роботі розглянуто можливості застосування штучного інтелекту в освітньому процесі з метою підвищення його ефективності, гнучкості та індивідуалізації. Проаналізовано сучасні підходи до впровадження інтелектуальних технологій у сфері освіти та визначено їх роль у формуванні адаптивного навчального середовища. Особливу увагу приділено персоналізації навчання як одному з ключових напрямів розвитку цифрової освіти.

Запропоновано модель персоналізованого навчання, яка базується на використанні алгоритмів штучного інтелекту та передбачає поетапну взаємодію здобувача освіти з інтелектуальною системою. Модель охоплює збір та аналіз даних про здобувача освіти (ЗО), формування адаптованого навчального контенту, оцінювання результатів навчання та надання зворотного зв'язку. Слід відмітити, що такий підхід забезпечує формування індивідуальної освітньої траєкторії та сприяє підвищенню якості засвоєння знань.

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімким впровадженням цифрових технологій у всі сфери діяльності людини, зокрема в освіту [1]. Одним із найперспективніших напрямів є використання штучного інтелекту, який відкриває нові можливості для підвищення ефективності навчального процесу [2]. Освіта стає більш гнучкою, доступною та орієнтованою на

індивідуальні потреби здобувачів [3, 4]. У зв'язку з цим дослідження ролі та можливостей штучного інтелекту в освітньому середовищі є надзвичайно актуальним питанням сьогодення.

Штучний інтелект в освіті охоплює широкий спектр технологій, які дозволяють автоматизувати, оптимізувати та індивідуалізувати навчальний процес [5]. Одним із ключових напрямів є персоналізація навчання, яка передбачає адаптацію змісту, темпу та методів навчання відповідно до рівня підготовки, здібностей і освітніх цілей кожного здобувача освіти/студента. У цьому контексті штучний інтелект виступає як інструмент, що забезпечує аналіз даних, прийняття рішень та формування індивідуальної освітньої траєкторії. На Рис. 1 представлено модель персоналізованого навчання.



Рис. 1 – Модель персоналізованого навчання, яка демонструє індивідуальну освітню траєкторію

Запропонована модель персоналізованого навчання відображає послідовний процес взаємодії здобувача освіти з інтелектуальною системою та складається із п'яти основних етапів, зокрема:

На *першому етапі* – студент – здійснюється збір початкових даних: рівень знань, освітні потреби, інтереси та цілі навчання. Ця інформація є базою для подальшого аналізу та визначення індивідуальної траєкторії навчання.

Другий етап – система штучного інтелекту – передбачає обробку отриманих даних за допомогою алгоритмів машинного навчання. Система аналізує результати здобувача освіти/студента, виявляє прогалини у знаннях та визначає оптимальний спосіб подачі матеріалу.

На *третьому етапі* формується адаптований контент. Відповідно до результатів аналізу, студент отримує індивідуально підібрані навчальні матеріали: завдання, лекції, практичні вправи різного рівня складності. Це дозволяє забезпечити максимально ефективне засвоєння знань.

Четвертий етап – результати навчання – включає оцінювання виконаних завдань та аналіз досягнень здобувача освіти. Система фіксує прогрес, визначає рівень засвоєння матеріалу та виявляє динаміку розвитку.

Завершальним *п'ятим етапом* є зворотний зв'язок, який передбачає надання рекомендацій щодо подальшого навчання (навчального процесу). Система може пропонувати додаткові матеріали, змінювати складність завдань або коригувати освітню траєкторію. Важливо, що цей етап замикає цикл, оскільки отриманий зворотний зв'язок знову враховується системою для подальшої адаптації навчання.

Таким чином, представлена модель демонструє безперервний і циклічний процес персоналізації, у якому штучний інтелект забезпечує адаптивність, гнучкість та ефективність освітнього процесу. Вона сприяє підвищенню мотивації здобувачів освіти/студентів, покращенню результатів навчання та формуванню індивідуального підходу до кожного здобувача освіти.

Висновки. Використання штучного інтелекту в освітньому процесі є перспективним напрямом, який сприяє підвищенню якості освіти, її доступності та ефективності. Основними перевагами є персоналізація навчання, автоматизація рутинних процесів, покращення аналітики та підтримка науково-педагогічних працівників і студентів. Водночас існує ряд викликів, пов'язаних із етичними, технічними та організаційними аспектами.

У майбутньому очікується подальше розширення використання штучного інтелекту в освіті, що вимагатиме комплексного підходу до його впровадження, з урахуванням потреб усіх учасників освітнього процесу. Важливим є забезпечення балансу між використанням технологій та збереженням гуманістичних цінностей освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пастернак В. Використання генеративного штучного інтелекту для підвищення ефективності освітнього процесу. Математика. Інформаційні технології. Освіта: збірник тез доп. XIV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 13 червн.-15 червн. 2025 р.). Луцьк, 2025. С. 233-235.
2. Дубич П., Сметюх Б., Пастернак В. Роль інформаційних технологій у формуванні навичок майбутнього (SOFT і HARD SKILLS). Математика. Інформаційні технології. Освіта: збірник тез доп. XIV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 13 червн.-15 червн. 2025 р.). Луцьк, 2025. С. 90-92.
3. Бусько І., Мамчур В., Пастернак В. Цифрова трансформація освіти: нова реальність навчального процесу. Математика. Інформаційні технології. Освіта: збірник тез доп. XIV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 13 червн.-15 червн. 2025 р.). Луцьк, 2025. С. 172-174.
4. Пастернак В.В. Використання адаптивних освітніх платформ для персоналізації навчання в умовах цифрового освітнього середовища. Підготовка педагогів до професійної діяльності в умовах змішаного навчання – 2025: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції (14-15 травн. 2025 р., м. Рівне). Рівне: РДГУ. 2025. С. 95-98.
5. Pasternak V., Ruban A., Popovych V., Khramov M. Application of Information Technologies in Modeling Multi-Component Systems with Particles of Various Geometry. Materials Science Forum. 2025. № 1172. P. 101-111. Режим доступу: <https://doi.org/10.4028/p-5qgydS>

УДК 621.762:678-19

ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

ПАСТЕРНАК В.В., ДУБИЧ П.А., СМЕТЮХ Б.Р.

(Pasternak.Viktoriia@vnu.edu.ua)

Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна

У роботі розглянуто застосування чисельного моделювання в сучасному освітньому процесі як інструменту підвищення якості навчання. Показано його роль у поєднанні теорії з практикою, візуалізації складних процесів та формуванні професійних компетентностей здобувачів освіти. Описано використання сучасного програмного забезпечення та представлено блок-схему навчального процесу як замкненого циклу зворотного зв'язку. Доведено, що чисельне моделювання сприяє розвитку аналітичного мислення, дослідницьких навичок, а також підвищенню мотивації до навчання.

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною інтеграцією цифрових технологій, серед яких особливе місце займає чисельне моделювання. Його використання дозволяє підвищити ефективність навчального процесу, забезпечити наочність складних явищ та сформувати у здобувачів освіти практичні навички роботи з математичними та інженерними моделями [1]. Чисельне моделювання є методом дослідження об'єктів і процесів шляхом побудови їх математичних моделей та подальшого обчислювального аналізу. У навчальному процесі воно виступає інструментом, що поєднує теоретичні знання з практичним застосуванням, дозволяючи студентам аналізувати реальні фізичні, технічні та економічні явища без необхідності проведення дорогих або складних експериментів [2, 3]. Однією з ключових переваг використання чисельного моделювання є можливість візуалізації процесів, які важко або неможливо спостерігати в реальних умовах. Наприклад, моделювання механічних напружень у конструкціях, теплових процесів або динаміки рідин дозволяє краще зрозуміти їхню природу та закономірності [4, 5]. Це значно підвищує рівень засвоєння навчального матеріалу. Крім того, чисельне моделювання сприяє розвитку аналітичного мислення та навичок програмування. Студенти навчаються формалізувати складні задачі, обирати відповідні математичні методи, реалізовувати алгоритми та інтерпретувати отримані результати [6, 7]. Слід відмітити, що це формує важливі компетентності, необхідні для сучасного фахівця в галузі інформаційних технологій, інженерії та природничих наук.



Рис. 1 –Блок-схема навчального процесу із використанням чисельного моделювання

У навчальному процесі можуть використовуватися різні програмні засоби для чисельного моделювання, такі як MATLAB, Python (NumPy, SciPy), COMSOL Multiphysics, ANSYS та інші. Їх застосування дозволяє адаптувати складні задачі від рівня підготовки студентів до поступового підвищення складності досліджень. Особливої уваги заслуговує використання чисельного моделювання у проєктному навчанні. Студенти отримують можливість працювати над реальними задачами (будь-якого рівня складності), проводити дослідження та презентувати результати у вигляді моделей і звітів. Що у свою чергу підвищує мотивацію до навчання та сприяє формуванню дослідницьких навичок. На Рис. 1 представлено блок-схему навчального процесу із використанням чисельного моделювання. Розроблена блок-схема демонструє, що чисельне моделювання в освіті – це *інтерактивний замкнений цикл навчання*, який поєднує теорію, практику, програмні інструменти та зворотний зв'язок для підвищення якості підготовки студентів. А також, забезпечує більш глибоке розуміння навчального матеріалу через візуалізацію складних процесів та явищ, що у традиційному викладанні часто залишаються абстрактними. Завдяки використанню чисельних експериментів здобувачі освіти отримують можливість аналізувати різні сценарії розвитку системи, змінювати параметри моделі та спостерігати наслідки в реальному часі. Це у свою чергу сприяє більш глибокому розумінню досліджуваних процесів, розвитку навичок критичного аналізу та формуванню вміння приймати обґрунтовані рішення. Важливим також є і те, що у результаті навчальний процес стає більш інтерактивним, дослідницько-орієнтованим і наближеним до реальних задач професійної діяльності.

Слід відмітити, що представлена вище блок-схема побудована як послідовно-циклічний процес, де центральним елементом є *студент*, а навколо нього – ключові компоненти навчання: викладач, навчальний матеріал, програмне забезпечення, результати, компетентності та зворотний зв'язок.

Висновки. У результаті проведеного аналізу встановлено, що чисельне моделювання є важливим складником сучасного освітнього процесу, який суттєво підвищує ефективність засвоєння навчального матеріалу. Його використання забезпечує інтеграцію теоретичних знань і практичних навичок, дозволяє візуалізувати складні процеси та проводити чисельні експерименти без необхідності реальних фізичних дослідів.

Розроблена блок-схема навчального процесу демонструє циклічний характер навчання, у якому ключову роль відіграє взаємодія студента з програмними засобами, викладачем та результатами моделювання. Такий підхід забезпечує безперервний зворотний зв'язок і сприяє поступовому формуванню професійних компетентностей.

Крім того, доведено, що чисельне моделювання сприяє розвитку аналітичного та критичного мислення, навичок роботи з сучасними програмними пакетами, а також підвищує мотивацію здобувачів освіти до самостійного навчання і дослідницької діяльності. Таким чином, впровадження чисельного моделювання в освітній процес є доцільним і перспективним напрямом модернізації підготовки фахівців у технічних, природничих та комп'ютерних галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пастернак В.В. Застосування інтерактивних технологій навчання на заняттях спеціальності 014 Середня освіта (Інформатика). Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2023: матеріали III Всеукраїнської наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів (28-29 вересн. 2023 р., Одеса). Одеса: ОНТУ. 2023. С. 72-75.
 2. Пастернак В.В. Покращення методики навчання інформатики у вищій школі: застосування сучасних інноваційних підходів. Підготовка педагогів до професійної діяльності в умовах змішаного навчання – 2024: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції (28-29 травн. 2024 р., м. Рівне). Рівне: РДГУ. 2024. С. 55-59.
 3. Пастернак В. Використання генеративного штучного інтелекту для підвищення ефективності освітнього процесу. Математика. Інформаційні технології. Освіта: збірник тез доп. XIV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 13 червн.-15 червн. 2025 р.). Луцьк, 2025. С. 233-235.
 4. Дубич П., Сметюх Б., Пастернак В. Роль інформаційних технологій у формуванні навичок майбутнього (SOFT і HARD SKILLS). Математика. Інформаційні технології. Освіта: збірник тез доп. XIV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 13 червн.-15 червн. 2025 р.). Луцьк, 2025. С. 90-92.
 5. Бусько І., Мамчур В., Пастернак В. Цифрова трансформація освіти: нова реальність навчального процесу. Математика. Інформаційні технології. Освіта: збірник тез доп. XIV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 13 червн.-15 червн. 2025 р.). Луцьк, 2025. С. 172-174.
 6. Пастернак В.В. Використання адаптивних освітніх платформ для персоналізації навчання в умовах цифрового освітнього середовища. Підготовка педагогів до професійної діяльності в умовах змішаного навчання – 2025: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції (14-15 травн. 2025 р., м. Рівне). Рівне: РДГУ. 2025. С. 95-98.
- Pasternak V., Ruban A., Popovych V., Khramov M. Application of Information Technologies in Modeling Multi-Component Systems with Particles of Various Geometry. Materials Science Forum. 2025. № 1172. P. 101-111. Режим доступу: <https://doi.org/10.4028/p-5qgydS>

УДК 376.36:37.091.3

ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ЗАСІБ АКТИВІЗАЦІЇ МОВЛЕННЯ ДІТЕЙ ІЗ ТЯЖКИМИ ПОРУШЕННЯМИ МОВЛЕННЯ

ПАЩЕНКО Є.О. (lizka.pashchenko@gmail.com)

Харківська гуманітарно-педагогічна академія Харківської обласної ради.

У тезах розглянуто проблему використання гейміфікації у логопедичній роботі з дітьми, які мають тяжкі порушення мовлення. Обґрунтовано доцільність застосування ігрових підходів як засобу підвищення мотивації та активізації мовленнєвої діяльності. Визначено основні переваги гейміфікації у поєднанні зі смарт-технологіями, зокрема інтерактивними вправами та цифровими ресурсами. З'ясовано, що використання ігрових механік сприяє розвитку фонематичного слуху, лексико-граматичної сторони мовлення та комунікативних умінь. Узагальнено, що гейміфікація є ефективним інструментом у системі сучасної логопедичної допомоги.

У сучасних умовах розвитку спеціальної освіти особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності корекційно-розвиткової роботи з дітьми, які мають тяжкі порушення мовлення (ТПМ). Збільшення кількості таких дітей, а також складність структури мовленнєвих

порушень зумовлюють необхідність пошуку нових підходів до організації навчального процесу. Однією з ключових проблем є недостатній рівень мотивації до мовленнєвої діяльності, що ускладнює формування базових мовленнєвих навичок.

Метою даних тез є обґрунтування доцільності використання гейміфікації як засобу активізації мовлення дітей із ТПМ та визначення її ролі у сучасному освітньому середовищі.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: проаналізувати сутність поняття «гейміфікація» в освітньому контексті; визначити її можливості у логопедичній роботі; охарактеризувати вплив ігрових технологій на розвиток мовлення дітей із ТПМ; окреслити переваги використання смарт-технологій у поєднанні з гейміфікацією.

Гейміфікація розглядається як використання ігрових елементів у неігровому середовищі з метою підвищення залученості учасників до діяльності. У роботі з дітьми з ТПМ вона виступає ефективним засобом стимуляції мовленнєвої активності, оскільки гра є природною формою діяльності дитини. Включення ігрових механік (сюжет, персонажі, завдання, винагороди) сприяє створенню позитивного емоційного фону та зниженню мовленнєвої тривожності.

Особливої уваги заслуговує поєднання гейміфікації зі смарт-технологіями. Використання інтерактивних платформ, мультимедійних ресурсів, аудіо- та відеоматеріалів дозволяє зробити навчальний процес більш наочним, доступним та динамічним. Дитина виступає не пасивним слухачем, а активним учасником, що взаємодіє з навчальним матеріалом. Це сприяє розвитку фонематичного слуху, удосконаленню звуковимови, збагаченню словникового запасу та формуванню граматично правильного мовлення.

Важливою перевагою гейміфікації є можливість індивідуалізації навчання. Завдання можуть бути адаптовані відповідно до рівня розвитку дитини, що забезпечує поступове ускладнення матеріалу та створення ситуації успіху. Це, у свою чергу, позитивно впливає на формування впевненості у власних можливостях та стимулює подальшу мовленнєву активність.

Разом із тим, ефективність використання гейміфікації залежить від її цілеспрямованого застосування. Ігрові елементи повинні відповідати корекційним цілям і не відволікати від основного завдання - розвитку мовлення. Важливим є також поєднання ігрових методів із традиційними логопедичними підходами.

Отже, гейміфікація є перспективним напрямом у системі логопедичної роботи з дітьми із тяжкими порушеннями мовлення. Вона забезпечує підвищення мотивації, активізацію мовленнєвої діяльності та створення сприятливих умов для розвитку мовлення. Поєднання гейміфікації зі смарт-технологіями відкриває нові можливості для вдосконалення корекційного процесу та підвищення його ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Н. М. Гавриш, Розвиток мовлення дітей дошкільного віку. Київ: Слово, 2015.
2. А. М. Богуш, Методика розвитку мовлення дітей. Київ: Видавничий дім «Слово», 2012.
3. Т. О. Піроженко, Психічний розвиток дошкільника. Київ: Генеза, 2018.
4. Ю. В. Рібцун, Корекція загального недорозвитку мовлення у дітей. Київ, 2019.
5. О. В. Шеремет, Логопедія: теорія і практика. Київ, 2017.

УДК 378.147.091.33:004.77:005.8

СЦЕНАРНЕ НАВЧАННЯ (SBL) ТА ІГРОВІ МЕХАНІКИ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ФОРМУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ КОМПЕТЕНЦІЙ МАГІСТРІВ

ПЛАТОНОВ В.В. (v.platonov@onu.edu.ua),

ПЛАТОНОВА Є.В. (jane.platonova@onu.edu.ua)

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра оптимального керування та економічної кібернетики, м. Одеса, Україна

Анотація: У роботі розглянуто практичний кейс впровадження ігрових методик у навчальний процес магістрів за допомогою платформи для візуальної колаборації. Описано

структуру воркшопу, що поєднує елементи рольової симуляції та механіку обмежених ресурсів. Проаналізовано вплив гейміфікованого голосування на розвиток критичного мислення та професійних компетенцій студентів у контексті вирішення проблеми академічної доброчесності.

Постановка проблеми. Сучасна вища освіта вимагає переходу від пасивних методів передачі знань до активних стратегій навчання особливо в умовах змішаного та онлайн навчання. Особливо актуальним це є для магістрів, для яких формування «soft skills», таких як стратегічне мислення, командна робота та прийняття рішень, є одним з пріоритетних. В той же час, проблема академічної недоброчесності (списування) серед студентів перших курсів є складним системним викликом, що потребує не лише адміністративних, а й креативних рішень. Використання серйозних ігор (serious games)[1] дозволяє занурити магістрів у професійний контекст без репутаційних ризиків, створюючи безпечне середовище для апробації гіпотез[2] та водночас здобути навички використання сучасних інструментів командної роботи.

Перелік завдань. 1. Адаптувати методологію дизайн-мислення (Design Thinking) для розв'язання задачі запобігання списуванню.

2. Впровадити ігрову механіку «Scarcity» (дефіцит ресурсів) через лімітоване голосування.

3. Оцінити ефективність використання платформи Mural[3] як інтерактивного ігрового поля для групової динаміки.

Виклад основного матеріалу дослідження. В межах курсу “Управління проектами та стартапами” студенти мають опанувати різні інструменти командної роботи. Тому магістрам було запропоновано прийняти участь у мозковому штурмі з вирішення проблеми уникнення списування першокурсників. В цьому питанні магістри приймають на себе роль «експертів-консультантів», бо вже знайомі з різними методиками викладання та перевірки знань різними викладачами, можуть щось запропонувати нове. Усвідомлення себе в якості експерта автоматично змінює їх рівень відповідальності та завжди залишає студента залученим та зацікавленим протягом всього заняття, що відповідає концепції гри як драйвера інтелектуальної активності [2].

В основі запропонованої методики лежить модель Scenario-based Learning (SBL). Процес реалізується через послідовні ігрові кроки. Перед початком кожного кроку студентам детально пояснюється, що вони мають зробити та який час на це буде відведено.

Перша фаза SBL — занурення — реалізується через зміну парадигми. Викладач виступає у ролі стейкхолдера (замовника), який ставить перед групою магістрів-аналітиків завдання: розробити антикрихку систему контролю знань. Це формує первинне когнітивне напруження: студенти оцінюють процес не як учасники, яких контролюють, а як архітектори, які цей контроль створюють

Друга фаза SBL передбачає дослідження проблеми (Exploration). Механіка мозкового штурму на дошці Mural виконує роль дивергентного розширення. На цьому етапі діє правило «кількість важливіша за якість», за 5-10 хвилин студенти мають записати якомога більше своїх ідей розв'язання проблеми на стікерах. Візуалізація стікерів у реальному часі імітує інформаційний шум реального проекту, де менеджерам потрібно працювати з великим масивом неструктурованих та часто суперечливих ввідних даних від різних членів команди. Студенти бачать стікери колег у реальному часі, що стимулює когнітивну крос-полінацію (взаємообмін ідеями), тобто студенти можуть надихатися ідеями один одного.

Етап конвергенції: логічне групування та декомпозиція. Студенти здійснюють таксономічну організацію ідей, виявляючи змістовні зв'язки між запропонованими стікерами. Візуально маніпулюють об'єктами в реальному часі, розташовують схожі ідеї поряд, усувають дублювання, що сприяє груповій рефлексії: учасники переходять від суб'єктивного сприйняття власних ідей до об'єктивного оцінювання всього масиву напрацювань команди.

Третя фаза SBL — ініціація кризи вибору. Кожен учасник отримує обмежений ігровий ресурс — 8 голосів (токенів) та має проголосувати за одну або декілька ідей, які він вважає найкращими. Введення ігрової механіки Scarcity (жорсткий ліміт у 8 токенів)[1] моделює базову проблему управління проектами: обмеженість бюджету або часу. Студент змушений перейти від емоційного схвалення ("хороша ідея") до прагматичної інвестиції ("я готовий витратити на це свій обмежений ресурс"). Це трансформує процес з простої генерації ідей у жорстку симуляцію оцінки ризиків та пріоритезації. Такий перехід відповідає методології MDA (Mechanics-Dynamics-

Aesthetics) [4], де ігрова механіка (лімітовані токени) створює необхідну ігрову динаміку (процес вибору в умовах дефіциту), що зрештою формує естетику професійної відповідальності магістра. Кількість голосів, яку отримує перед голосуванням визначається викладачем. Практика показує, що 8 голосів достатньо, щоб студент міг підтримати кілька різних ідей, але водночас змушує його обирати найважливіші. Студенти можуть оцінити не лише власні пропозиції, а й ідеї інших, визначаючи їхню цінність для команди, що також формує культуру співпраці. Такий підхід робить мозковий штурм не просто генерацією ідей, а навчальною симуляцією реального процесу управління проектами.

Завершальна фаза SBL – аналіз наслідків. Розміщення відфільтрованих ідей на матриці "Досяжність/Важливість" є візуалізацією колективного рішення. Проте критичним етапом методології є фінальна рефлексія: студенти мають аргументувати свій вибір. Вони аналізують "мертву зону" (ідеї, яким забракло голосів) і оцінюють, наскільки їхні стратегії відповідають реаліям освітнього процесу. Саме тут відбувається інтеріоризація управлінських навичок. В результаті кожна ідея займає своє місце по вподобанням, важливості та досяжності, що дозволяє обрати найкращі.

Така структура перетворює звичайне обговорення на серйозну гру, де перемога – це створення життєздатної стратегії, що пройшла через фільтр групового критичного відбору.

Висновки. Застосування ігрових методик на базі платформи Mural демонструє високу ефективність у роботі з магістрами. По-перше, рольова модель «експерта» підвищує суб'єктність студента. По-друге, введення ігрових обмежень (ліміт голосів) стимулює розвиток навичок пріоритетизації та оцінки ризиків. Результати воркшопів показали, що студенти завжди беруть активну участь на парі та пропонують системні та реалістичні рішення проблеми списування, коли вони діють у межах ігрової симуляції, а не класичного семінарського заняття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] K. Kapp, *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Pfeiffer, 2012.
- [2] J. Brown and B. Vaughan, *Play: How it Shapes the Brain, Opens the Imagination, and Invigorates the Soul*. Avery, 2009.
- [3] Mural, "Collaborative Intelligence: The New Way to Work," 2024. [Online]. Available: <https://www.mural.co/>
- [4] R. Hunicke, M. LeBlanc, and R. Zubek, "MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research," in *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*, 2004, pp. 1-8.

УДК: 004.42:37.01

СИМУЛЯЦІЯ ПОВНОГО ЦИКЛУ SCRUM НА СКЛАДНОМУ РОЗПОДІЛЕНОМУ ПРОГРАМНОМУ ПРОЕКТІ В УНІВЕРСИТЕТСЬКОМУ ВОРКШОПІ (ПРИКЛАД VARTA)
 ПЛАТОНОВ В.В. (v.platonov@onu.edu.ua), ПЛАТОНОВА Є.В. (jane.platonova@onu.edu.ua)
 Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
 кафедра оптимального керування та економічної кібернетики, м. Одеса, Україна

Agile та Scrum нерідко подають декларативно: студенти запам'ятовують ролі й церемонії, але слабо готуються до кросфункціональної поставки, нефункціональних обмежень і ризиків інтеграції в багатокомандному середовищі. В роботі описано ігрову методiku викладання з перетворенням освітнього процесу в серйозну гру: три децентралізовані команди пройшли повний цикл Scrum на вигаданому продукті VARTA (Distributed Resilience Orchestrator) — mesh-орієнтована, offline-first концепція з високими вимогами до безпеки та експлуатації; робота велась на спільній Kanban/Project-дошці протягом двох спринтів використовуючи GitHub Organizations/Projects. Створено відстежувані артефакти — доменні правила, користувацькі потоки, wireframes, технічні та операційні задачі, тест-кейси — зі story points, уточненням беклогу, плануванням спринту, щоденними узгодженнями, оглядом і ретроспективою. В роботі

наведено відтворювану схему воркшопу й обґрунтовані рекомендації для викладачів, які готують розробників до складних розподілених продуктів.

Постановка проблеми. Agile-методології домінують у промисловій розробці ПЗ, проте університетські курси нерідко зводять їх до визначень ролей і переліку зустрічей; випускники стикаються з розривом теорії й практики в командних продуктах, де потрібні *вертикальні зрізи* (паралельна робота експертів предметної області, UX, розробки, QA та Ops над одним наскрізним інкрементом), *постійне уточнення беклогу* до планування спринту та *крос-командні контракти* за спільного бачення продукту.

В межах курсу Технології розробки та тестування програмних продуктів студентам було запропоновано прийняти участь у серйозній грі, що дає студентам можливість не лише детально ознайомитись з основними артефактами та складовими Agile, а отримати власний досвід роботи в команді та отримати нові навички. Було спроектовано й проведено симуляцію повного циклу Scrum для трьох команд за узгодженими з індустрією правилами[1]. Було зібрано *кількісні* показники з дошки проекту (кількість і типи тікетів, story points, статуси виконання) та *якісні* спостереження з планів, оглядів і ретроспективних нотаток.

Студенти працювали над вигаданим проектом VARTA (Distributed Resilience Orchestrator) — концепцією децентралізованої мережі керування критичними ресурсами (енергія, вода, зв'язок) для міських громад за умов деградації центральної інфраструктури. Проект навмисно поєднував *соціально-технічні дилеми* з глибокою інженерією, наближаючи сценарії до «серйозних ігор» і пріоритизації ресурсів без спрощення до навчальних CRUD-прикладів.

Керована, але реалістична симуляція демонструвала переговори, упередження в оцінюванні, вузькі місця інтеграції та критерії готовності з урахуванням експлуатації без розкриття комерційного коду. *Мета роботи* зафіксувати досвід проведення командної Scrum-симуляції та оцінити її ефективність за об'єктивними показниками беклогу й якісними спостереженнями.

Опишемо методику проведення такої серйозної гри - сформовано *три команди* (Alpha, Beta, Gamma), в яких кожен студент член команди був *кросфункціональним* (ролі SME, UX, Dev, QA, Ops з можливістю ротації). Викладачі (автори даної роботи) виконували функції *Product Owner* та *фасилітатора Scrum Master*[3]. Облік вівся в *GitHub Project* з уніфікованою конвенцією іменування тікетів (доменні правила DR, граничні випадки EC, технічні задачі TT, тест-кейси TC, Ops тощо) і прив'язкою до епіків. *Додаткові матеріали* (метрики спринтів, знімки беклогу, інструменти, ретроспектива) відкрито розміщено в репозиторії <https://github.com/Varta-2026/product-backlog>.

Спринт 1 був зорієнтований на перший *вертикальний зріз*: одна пріоритетна user story наскрізь із паралельним внеском усіх ролей. *Спринт 2* — на складніші зв'язки, інтеграцію, *contract-first* очікування щодо API між командами та закриття *операційного боргу*, виявленого в попередній фазі. Окремо підкреслювалася різниця між *Product Backlog Refinement* і *Sprint Planning*, щоб планування не перетворювалося на «перше читання T3».

Емпірична база. Підсумкові таблиці метрик і описи результатів спринтів підготовлено як документацію курсу поруч із беклогом у відкритому репозиторії GitHub <https://github.com/Varta-2026/product-backlog> (експорт тікетів, каталоги «sprint_1» та «sprint_2», нотатки планування, огляди); у тезах використано агреговані показники без персональних оцінок студентів.

В результаті роботи протягом 4 пар було отримано наступні показники планування та зобов'язання за story points

Таблиця 1 – Показники симуляції за двома спринтами.

Показник	Спринт 1	Спринт 2
Нових тікетів від команд(орієнтовно)	128	99
Планова capacity (SP)	40	40
Фактичне зобов'язання (SP)	44	60
Закрито тікетів (лише Спринт 2)	—	76 (76,8%)
Відкрито тікетів (лише Спринт 2)	—	23 (23,2%)

Умовна *saracity* спринту – 40 SP. У Спринті 1 задокументоване зобов'язання – 44 SP (легкий овербукінг). У Спринті 2 зобов'язання – 60 SP при тій самій номінальній *saracity* (40 SP), тобто критичний овербукінг, що відображає типовий навчальний ризик «взяти забагато» без достатньої декомпозиції. Таблиця 1 узагальнює кількісні показники (тікети, створені командами; SP; статуси у Спринті 2).

У Спринті 1 найбільші частки серед типів робіт: тест-кейси – 18,8%, технічні задачі – 17,2%, user flows – 14,8%, що відповідає фокусу на уточненні вимог, UX-потоків і якості. Розподіл активності між командами: Alpha – 48,4%, Beta – 26,6%, Gamma – 25,0%.

У Спринті 2 домінують технічні задачі (24,2%) та Ops-задачі (23,2%); частка нових тест-кейсів і окремих UX-артефактів у «дельті» спринту нижча, ніж у першому, що інтерпретується як зсув до реалізації та інфраструктури. Кількість Ops-тікетів зросла порівняно зі Спринтом 1 приблизно на 64% (за внутрішнім порівнянням у звіті метрик). Розподіл за командами: Alpha – 54,5%, Beta – 10,1%, Gamma – 35,4% (різниця пояснюється розподілом епіків і інтеграційними ролями, а не «рівним» обсягом тікетів на команду).



Рис. 1 — Вертикальний зріз (Agile): паралельна робота ролей SME, UX, DEV, OPS, QA в межах одного спринту до робочого інкременту.

У Спринті 1 командами сформували узгоджені вертикальні зрізи в темах ідентифікації та довіри, передачі квот із вимогами узгодженості даних у офлайн, mesh-комунікації та криптографічних механізмів. У Спринті 2 додано телеметрію та порогові сповіщення, етичний диспетчер, peer messaging і emergency broadcast, а також явні API-контракти для розблокування залежних команд. У якісних нотатках зафіксовано ризики: пляшкове горлечко на спільних контрактах, великі історії без дроблення (наприклад, поріг порядку 13 SP як сигнал для декомпозиції), відсутність Ops у одній команді на ранній фазі та подальше закриття Ops-боргу в наступному спринті.

Отримані дані дозволили студентам зробити наступні висновки

По-перше, овербукінг корисний для навчання лише за наявності структурованої рефлексії; інакше він лише демотивує. Стрибок зобов'язання з 44 до 60 SP при 40 SP *saracity* зробив видимими інтеграційні затримки та незавершені QA-артефакти.

По-друге, Ops не є «додатковою роллю»: коли на старті одна команда майже не створював Ops-тікетів, наступний спринт компенсував це пакетом інфраструктурних задач (моніторинг, черги, TTL, середовища тестування офлайну), що віддзеркалює індустріальну логіку супроводу.

По-третє, contract-first зменшує невизначеність між командами, але вимагає узгодженої пріоритизації спільних артефактів з боку авторів — аналогічно до залежностей від платформених команд у великих продуктах.

Висновки

1. Двоспринтова командна симуляція на проекті класу VARTA дозволяє отримати великий типізований беклог і відтворювані метрики: сценарій поєднує серйозні сценарії комунікації та пріоритизації з інженерією ПЗ без обов'язкової прив'язки до розважального ігрового релізу.

2. Для повторення воркшопу доцільно: (а) заборонити планування без попереднього refinement; (б) обмежувати або дробити історії великої ваги в SP; (в) закріпити в DoD перевірки в умовах офлайну / розриву mesh; (г) вводити обов'язкові контракти між командами.

3. Перспектива третій спринт із повною ротацією ролей, порівняння когорт, кореляція метрик дошки з peer review.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] K. Schwaber and J. Sutherland, "The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game," Scrum.org, Nov. 2020. [Online]. Available: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html>

[2] Вареник В., Піскова Ж. Впровадження елементів методології Scrum в освітньому процесі в Україні: нові горизонти для розвитку комунікативних компетентностей // Педагогічні науки. — 2025. — Вип. 85. — С. 14–24. — DOI: <https://doi.org/10.33989/2524-2474.2025.1.14>

[3] Кічмаренко О., Платонова Є., Платонов В. Управління комунікаціями та прийняття рішень в умовах скраму. Успіхи і досягнення у науці. 2025. № 3(13). URL: [https://doi.org/10.52058/3041-1254-2025-3\(13\)-431-442](https://doi.org/10.52058/3041-1254-2025-3(13)-431-442).

[4] Чорна А. В. Scrum методологія, як практичний метод підготовки інженерів-програмістів // Інформаційні технології в освіті та науці : зб. наук. пр. — 2017. — Вип. 1 (9). — С. 287–291.

[5] T. Dyba and T. Dingsoyr, "Empirical studies of agile software development: A systematic review," Information and Software Technology, vol. 50, no. 9–10, pp. 833–859, 2008.

[6] H. Sharif and K. J. Abran, "A framework for teaching agile software development: A university case study," in Proc. 14th Conf. Softw. Eng. Educ. Training, 2001, pp. 204–211.

UDC 004.42

ЗНАЧЕННЯ ЦИФРОВОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКЛАДАННЯ ІСТОРИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ЗЗСО

ПРИЛУЦЬКА Т. Д. (E-mail: tetanaprilutskaya@ukr.net)

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

У цьому дослідженні окреслено важливість використання цифрової візуалізації для підвищення ефективності викладання історичних дисциплін у ЗЗСО. Один із основних результатів викладання історичних дисциплін — це формування і розвиток історичних компетентностей та наскрізних компетентностей НУШ у здобувачів освіти. Такі онлайн-застосунки, як Mozaik 3D, Canva та інші мають значні можливості для унаочнення та систематизації навчального матеріалу. Також тези містять основні способи візуального представлення навчального матеріалу за допомогою цифрових інструментів.

Умови дистанційного навчання вимагають активного застосування цифрових технологій для викладання усіх навчальних дисциплін. Історичні дисципліни передбачають обов'язкову наочність, тому що тільки так можливо повною мірою вивчати минуле суспільства. Це обумовлює необхідність вивчення значення впровадження цифрових інструментів у візуальну складову навчальної інформації.

Метою даного дослідження є обґрунтування важливості використання цифрової візуалізації під час викладання історичних дисциплін у ЗЗСО.

Серед вирішених завдань необхідно виокремити можливості онлайн-застосунку Mozaik 3D для унаочнення навчального матеріалу, онлайн-інструменту графічного дизайну Canva, спостереження підвищення мотивації учнів до опанування історії та їх навчальних результатів.

Об'єктом дослідження виступає викладання історичних дисциплін у ЗЗСО, а предметом — використання цифрової візуалізації для підвищення ефективності викладання історичних дисциплін у ЗЗСО.

У наш час велика кількість педагогів та фахівців ІТ-галузі активно досліджують викладання комп'ютерних технологій в освіті, в тому числі й аспект цифрової візуалізації, який є

вагомою складовою навчально-виховного процесу, особливо при дистанційному навчанні. Проте в дослідженні цієї теми є великий простір для наукового пошуку.

Цифрова візуалізація – це спосіб перетворення не візуальної інформації (текстової, звукової, числової тощо) на візуальну за допомогою цифрових технологій.

У сфері освіти цифрова візуалізація включає створення електронних карт, схем, презентацій, інфографіки, відео, 3D-моделей, анімацій та інших цифрових засобів для підвищення ефективності засвоєння інформації.

Результатом викладання історичних дисциплін є формування і розвиток історичних компетентностей та наскрізних компетентностей НУШ. Структурні елементи предметної історичної компетентності – хронологічна, просторова, інформаційна, логічна, аксіологічна мають формуватися шляхом внутрішньогалузевої та міжгалузевої інтеграції змісту загальної середньої освіти. [1] В процесі формування і розвитку цих компетентностей важливу роль відіграє візуальна складова, а цифрові інструменти мають можливість робити візуальну складову анімованою та інтерактивною. Так, для формування й розвитку хронологічної компетентності важливо використовувати схеми, таблиці. Корисно створювати таймлайни, тобто графіки або схеми, які відображають події в хронологічному порядку. Це сприяє кращому розумінню послідовності історичних фактів.



Рис. 1 – Знімок екрану з інтерактивного атласу всесвітньої історії з 3000 р. до н.е.
GeaCron. URL: <http://geacron.com/home-en/>.

Разом з хронологічною компетентністю потрібно формувати і розвивати просторову компетентність, де доречно використовувати геоінформаційні застосунки, інтерактивні картографічні ресурси, а також інструменти для створення власних тематичних карт, що є відмінним доповненням до класичних контурних карт. Так, наприклад за допомогою сайту GeaCron можна дослідити, які зміни відбувалися на політичній карті світу в період від 3000 року до нашої ери до сьогодні.

Для формування і розвитку інформаційної компетентності цифрова візуалізація навчального матеріалу відіграє вагомий роль, тому що робота з інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ) під час пошуку візуальних джерел історичної інформації, картографічних ресурсів та створення власних тематичних карт покращує навички самостійного розв'язання навчальних, професійних та життєвих завдань.

Логічна компетентність, яка передбачає здатність мислити абстрактно та послідовно, аналізувати інформацію, робити обґрунтовані висновки, систематизувати предмети, явища та поняття, застосовувати методи доведення та спростування тверджень найкращим чином розвивається під час роботи з наочними джерелами інформації, адже навчальний матеріал представлений максимально структуровано. Аксіологічна (або ціннісна) компетентність формується великою мірою через образне мислення, де за допомогою цифрової візуалізації є можливість продемонструвати перебіг подій за різними сценаріями.

Для формування і розвитку усіх наскрізних компетентностей НУШ велике значення має цифрова візуалізація. Наочне представлення навчального матеріалу, з яким учень має можливість взаємодіяти, сприяє не тільки розвитку наскрізних компетентностей НУШ, а й підвищенню

навчальної мотивації, уваги та запам'ятовування інформації, що в свою чергу допомагає підвищити ефективність викладання історичних дисциплін.



Рис. 2 – Печера давньокам'яного віку. Знімок екрану з застосунку Mozaik3D app.

У власній педагогічній практиці спостерігаються випадки зацікавлення та підвищення успішності навчання учнів завдяки впровадженню цифрової візуалізації навчальної інформації.

Отже, цифрова візуалізація надає великі можливості для викладання усіх навчальних предметів, а особливо історичних дисциплін, тому що завдяки унаочненню інформації учні не лише краще опановують наскрізні компетентності НУШ та історичні компетентності, а й більш зацікавлено та відповідально здобувають освіту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Міністерство освіти і науки України, “Про затвердження концептуальних засад реформування історичної освіти в системі загальної середньої освіти,” Наказ № 1072, 30 лип. 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v1072729-24#Text> (дата звернення: 12.05.2026).

УДК 004.42:37.016

МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕЙМІФІКОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ CODECOMBAT

ПРОЧУХАН Д.В. (viprochuhan@gmail.com)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Розглянуто практичну методику вивчення синтаксису Python із використанням гейміфікованої платформи CodeCombat. Обґрунтовано доцільність застосування ігрового середовища як інструменту формування алгоритмічного мислення та базових навичок програмування. Показано, що інтеграція ігрових механік у навчальний процес сприяє підвищенню мотивації та ефективності засвоєння матеріалу.

Постановка завдання. Метою дослідження є розробка та обґрунтування методики навчання синтаксису Python, яка забезпечує поєднання теоретичних знань із практичною діяльністю. Основна увага приділяється визначенню способів використання платформи CodeCombat для поетапного формування навичок програмування, а також аналізу її впливу на рівень засвоєння навчального матеріалу.

Суть дослідження. Запропонована методика базується на принципі «навчання через дію» та передбачає поетапне формування знань із синтаксису Python у процесі виконання інтерактивних

ігрових завдань у середовищі CodeCombat. На початковому етапі навчання учні опановують базові синтаксичні конструкції через використання простих команд і викликів функцій, які забезпечують керування персонажем у грі. Це сприяє формуванню інтуїтивного розуміння структури програмного коду, правил його запису та базових принципів взаємодії з об'єктами.

Наступний етап передбачає введення змінних і типів даних, які використовуються для збереження характеристик ігрового середовища, таких як координати, відстані чи властивості об'єктів. Завдяки цьому учні усвідомлюють практичне призначення змінних та їх роль у процесі обробки інформації. Паралельно формується розуміння операцій над даними та базових принципів роботи з ними.

Особливе місце у методиці займає вивчення умовних конструкцій, що реалізується через необхідність прийняття рішень у змінних ігрових ситуаціях. Учні застосовують оператори розгалуження для вибору дій залежно від умов, що сприяє розвитку логічного та алгоритмічного мислення. Подальше ускладнення завдань зумовлює використання циклів, які дозволяють автоматизувати повторювані дії та оптимізувати програмний код. У такий спосіб формується розуміння доцільності використання циклічних конструкцій і принципів ефективного програмування.

На завершальному етапі навчання вводяться функції як засіб структуризації коду та повторного використання логіки. Учні створюють власні функції для розв'язання складніших задач, що сприяє розвитку навичок декомпозиції та організації програмного коду. Важливою складовою методики є миттєвий зворотний зв'язок: будь-які помилки в синтаксисі або логіці одразу проявляються у результатах виконання програми, що дозволяє оперативно їх виявляти та виправляти.

Додатково методика передбачає етап рефлексії, у межах якого здійснюється аналіз виконаних завдань, обговорення альтернативних рішень і узагальнення отриманого досвіду. Це забезпечує глибше засвоєння матеріалу та формування здатності до самостійного розв'язання задач. Важливим також є поступовий перехід від ігрових сценаріїв до виконання прикладних завдань, що забезпечує перенесення набутих знань і навичок у реальні умови програмування.

Висновки. Застосування платформи CodeCombat у навчанні Python є ефективним засобом формування базових програмістських компетентностей. Використання ігрового середовища забезпечує підвищення мотивації, сприяє кращому засвоєнню синтаксису та розвитку алгоритмічного мислення. Запропонована методика може бути використана як у формальній освіті, так і для самостійного навчання, забезпечуючи поступовий перехід від ігрових завдань до реальних практичних задач.

УДК 004.42:37.091.33

РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОЇ ГРИ «ВГАДАЙ ПРАПОР» ЗАСОБАМИ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ JAVA

ПАТУШНЯК Т.В. (ratush_tanya@ukr.net)
ЗАГОРОДНЮК А.І. (artur.zahorodniuk@dpu.edu.ua)
Державний податковий університет

У роботі представлено розробку застосунку засобами мови Java для навчальної гри-вікторини. Висвітлено технічні аспекти реалізації: використання Java Collections для обробки даних, інтеграцію з API FlagCDN для динамічного завантаження зображень та застосування багатопоточності для стабільної роботи GUI. Застосунок спрямований на гейміфікацію вивчення географії та може бути використаний як інтерактивний інструмент у закладах освіти.

Необхідність розробки адаптивних навчальних ресурсів, що забезпечують інтенсивну взаємодію користувача з контентом через механізми ігрової стимуляції та динамічної візуалізації процесів, стає ключовим викликом для сучасної ІТ-освіти. Актуальність розробки зумовлена

стрімким розвитком гейміфікації в освітньому процесі. Використання інтерактивних застосунків дозволяє значно підвищити залученість користувачів та ефективність запам'ятовування нової інформації. У контексті вивчення географії та загальної ерудиції, візуальні вікторини є одним із найдієвіших інструментів для вивчення державних символів країн світу.

Метою роботи є створення інтерактивного десктопного застосунку у форматі гри-вікторини, який дозволяє користувачам перевіряти та покращувати свої знання національних прапорів.

Розроблений застосунок є казуальною навчальною грою, суть якої – у правильній ідентифікації країни за її прапором. Ігровий процес побудований на серії раундів. У кожному раунді гравцю демонструється зображення прапора та пропонується чотири варіанти відповіді (назви країн), серед яких лише одна є правильною. Головна мета гравця — дати 10 правильних відповідей поспіль, що візуалізується за допомогою динамічної шкали прогресу (JProgressBar). У разі помилки прогрес скасовується, і гра починається спочатку, що стимулює користувача до більш уважного вивчення матеріалу.

Технічну реалізацію проєкту виконано об'єктно-орієнтованою мовою програмування Java з використанням бібліотеки графічного інтерфейсу Swing. Для збереження та обробки даних про країни використано структури даних з Java Collections Framework, зокрема HashMap для зв'язування назв країн з їхніми міжнародними дволітерними кодами (наприклад, "Україна" – "ua") та ArrayList для генерації випадкових варіантів відповідей.



Рис.1 – Інтерфейс навчальної гри «Вгадай прапор»

Особливістю архітектури застосунку є інтеграція зі стороннім вебсервісом (API) FlagCDN. Замість локального зберігання зображень, програма динамічно завантажує актуальні прапори через мережу Інтернет за допомогою класу `java.net.URL`. Для забезпечення плавності роботи графічного інтерфейсу (GUI) та уникнення його "зависання" під час очікування відповіді від сервера, завантаження зображень реалізовано в окремому потоці (багатопоточність за допомогою `Thread`), після чого оновлення інтерфейсу безпечно передається в `Event Dispatch Thread` через метод `SwingUtilities.invokeLater()`.

Дана розробка може бути успішно використана як допоміжний інтерактивний інструмент на уроках географії у закладах середньої освіти, для самоосвіти, а також як базовий модуль для більш складних географічних тренажерів.

Зважаючи на те, що гра розроблена на платформі Java з використанням бібліотеки Swing, вона має високий рівень кросплатформності за принципом «написано один раз — працює всюди» (WORA). Застосунок може запускатися на різних операційних системах (Windows, macOS, Linux) без зміни програмного коду, за умови наявності встановленого середовища виконання Java (JRE). Це робить гру універсальним інструментом, доступним для використання на більшості сучасних персональних комп'ютерів в освітніх закладах.

Висновки. Розроблена гра демонструє ефективне поєднання принципів об'єктно-орієнтованого програмування, кросплатформного програмування, багатопоточності та побудови

графічних інтерфейсів на платформі Java. Застосунок має зрозумілий інтерфейс та виконує поставлену освітню функцію, надаючи користувачам зручний інструмент для перевірки географічних знань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] I. H. Blinov and V. S. Romanchyk, Java. Methods of Programming: Educational and Methodical Manual. Kyiv, Ukraine, 2013. [In Ukrainian].
- [2] "Java Platform, Standard Edition & Java Development Kit Official Documentation." oracle.com. <https://docs.oracle.com/en/java/> (accessed May 08, 2026).
- [3] "Flagpedia API (FlagCDN)." flagpedia.net. <https://flagpedia.net/download/api> (accessed May 08, 2026).

УДК 004.04

ГЕЙМІФІКАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

РИСОВАНА З.Г.¹, РИСОВАНІЙ О.М.² (rysov2211@gmail.com, rysov81524@gmail.com)

¹ Комунальний заклад "Харківський ліцей № 164 Харківської міської ради"

² Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

У даному дослідженні аналізуються вплив нових методів навчання завдяки використанню комп'ютерних технологій, виявлені переваги використання штучного інтелекту, віртуальної реальності. Проаналізовані нові комп'ютерні сервіси, які використовуються при навчанні та розроблені рекомендації їх використання.

Постановка проблеми. Активізація пізнавальної діяльності – це педагогічна стратегія, спрямована на стимулювання інтересу, самостійності та творчого мислення учнів через використання сучасних методів (ігри, проблемні ситуації, цифрові інструменти). Вона перетворює учня з пасивного слухача на активного учасника, підвищуючи якість навчання та розвиваючи навички критичного мислення [1-2].

Перелік вирішених питань. В роботі визначені основні напрямки та методи активізації пізнавальної діяльності, приділено увагу розгляду характеристик пізнавальної активності діяльності навчаючих, наведені вимоги до активізації пізнавальної діяльності. Крім того, розглянуті основні характеристики творчої активності.

Виклад основного матеріалу. В роботі визначені основні напрямки та методи активізації пізнавальної діяльності:

- створення ситуації успіху та інтересу, що припускає підтримку позитивної атмосфери, відсутність страху помилок та індивідуальний підхід;
- використання проблемно-пошукових методів, що припускає використання дослідницьких завдань, дискусій, що спонукають до самостійного пошуку рішень, а не простого запам'ятовування;
- ігрові та інтерактивні технології, що припускає впровадження ігор, казок, використання наочності, що робить процес навчання цікавим [3-4];
- зв'язок з життям, що припускає демонстрацію практичного застосування знань, обговорення реальних життєвих проблем;
- внутрішні та зовнішні стимули, що припускають формування пізнавального інтересу, заохочення, довіри до учнів.

В роботі приділено увагу розгляду характеристик пізнавальної активності діяльності навчаючих:

- репродуктивно-повторювальна характеристика діяльності, яка базується на точному відтворенні вже відомих знань, дій або алгоритмів (відтворення знань);

– пошуково-виконавча діяльність – це рівень активності, що є перехідним містком між простим копіюванням (репродукцією) та чистим творчеством (самостійний пошук шляхів вирішення задачі).

– творча активність – це найвищий рівень діяльності, спрямований на створення чогось принципово нового або розв'язання проблем нестандартними методами.

На відміну від попередніх рівнів, тут немає готового алгоритму чи підказки, який шлях обрати: самостійна постановка завдань та нешаблонні рішення.

Активізація діяльності вимагає від керівника чіткої постановки мети, мотивації та переходу від репродуктивного навчання до творчого [1].

Розглянуті основні характеристики творчої активності:

– новизна. Результатом є оригінальний продукт (ідея, метод, об'єкт), якого раніше не існувало в досвіді суб'єкта.

– трансформація. Людина не просто обирає з відомого, а перетворює наявні знання, комбінує їх або виходить за межі правил.

– внутрішня мотивація. Джерелом активності є особистий інтерес, допитливість та потреба в самовираженні.

В результаті проведеного аналізу в роботі розглянута структура творчого процесу:

– виникнення задуму (постановка проблеми, яку неможливо вирішити шаблоном);

– пошук інкубації (накопичення ідей, часто неусвідомлене);

– осяяння (інсайт) – момент знаходження рішення;

– реалізація та перевірка результату.

Висновки. Гейміфікація в освіті – це стратегічне використання ігрових механік для підвищення залученості та ефективності навчання. Гейміфікація перетворює пасивне засвоєння матеріалу на активний процес. Це активізує пошуково-виконавчу та творчу діяльність, оскільки учень отримує право на помилку (система «додаткових життів») і бачить прогрес у реальному часі.

Гейміфікація є потужним інструментом для подолання кризи уваги в епоху кліпового мислення, але вона ефективна лише тоді, коли інтегрована в педагогіку як допоміжний метод, а не як самоціль.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рисованій О.М., Рисована З.Г. Активізація пізнавальної діяльності при використанні комп'ютерних ігор. / Одеський національний технологічний університет // V всеукраїнська науково – технічна конференція «Комп'ютерні ігри і мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2025». 25-26 вересня 2025 р. м.Одеса. – С.122-123. Доступно: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/95680>

2. Рисованій О.М., Рисована З.Г. Сучасна освіта у світі новітніх технологій. / Одеський національний технологічний університет Інститут комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ім. П.Н.Платонова // Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції. 30-31 жовтня 2025 р. м.Одеса. – С.566. Доступно: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/95695>

3. Коробкова А.І., Рисованій О.М. Проблеми та важливість оптимізації коду в розробці відеоігор / XIX Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів // «Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених» (19–21 листопада 2025 року): матеріали конференції / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків : НТУ «ХПІ», 2025. – С.195. Доступно: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/96385>

4. Рисованій О.М. Алгоритми хешування в ігрових додатках. / Одеський національний технологічний університет // V всеукраїнська науково – технічна конференція «Комп'ютерні ігри і мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2025». 25-26 вересня 2025 р. м.Одеса. – С.121. Доступно: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/95683>.

**ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР ДЛЯ
ВІДОБРАЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ**

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com), ЛЕСЬКО О.Й. (lesko@vntu.edu.ua)

Вінницький національний технічний університет

ЦІХАНОВСЬКА О.М. (cihanovskaaelena@gmail.com)

ВННІЕ ЗУНУ

Досліджено особливості використання комп'ютерних ігор для відображення економічних закономірностей та моделювання ринкових процесів. Розглянуто основні типи економічних ігор і симуляторів, що дозволяють аналізувати механізми попиту та пропозиції, управління ресурсами, конкуренцію та фінансове планування. Визначено переваги застосування ігрових технологій у навчальному процесі для формування економічного мислення та навичок прийняття управлінських рішень. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку комп'ютерних ігор як інструменту економічного моделювання та цифрової аналітики.

Комп'ютерні ігри у сучасному інформаційному суспільстві виконують не лише розважальну функцію, а й стають ефективним засобом навчання, моделювання та дослідження складних соціально-економічних процесів. Завдяки розвитку інформаційних технологій та систем моделювання комп'ютерні ігри дозволяють створювати інтерактивні середовища, у яких користувач може спостерігати закономірності функціонування економічних систем, аналізувати результати управлінських рішень та оцінювати вплив окремих факторів на економічний розвиток. Сучасні ігрові симулятори відображають механізми ринкової економіки, взаємодію виробництва та споживання, формування бюджету, систему оподаткування, процеси конкуренції та управління ресурсами.

Використання комп'ютерних ігор у сфері економіки базується на принципах математичного та імітаційного моделювання. У таких системах створюються віртуальні моделі підприємств, міст, держав або окремих економічних процесів, поведінка яких визначається певними економічними законами. Користувач взаємодіє з моделлю через зміну параметрів управління, спостерігаючи результати своїх рішень у реальному часі. Подібний підхід дозволяє значно спростити сприйняття складних економічних теорій та зробити процес навчання більш наочним і зрозумілим.

Одним із найпоширеніших напрямків використання комп'ютерних ігор для відображення економічних закономірностей є економічні симулятори. У таких іграх користувач отримує роль керівника підприємства, міста чи держави та приймає рішення щодо розподілу ресурсів, розвитку виробництва, інвестування, оподаткування та соціальної політики. Наприклад, у SimCity користувач формує міський бюджет, будує інфраструктуру, контролює рівень зайнятості населення та забезпечує економічну стабільність міста. У процесі гри моделюються закономірності впливу податкової політики на розвиток промисловості та добробут населення.

Схожі економічні механізми використовуються у Cities: Skylines, де реалізовано складну систему управління транспортом, комунальними послугами, доходами та витратами міста. Гравець аналізує баланс бюджету, оптимізує транспортні потоки, регулює рівень податків та оцінює наслідки прийнятих економічних рішень. Такі ігри дозволяють демонструвати взаємозалежність економічних показників та складність функціонування сучасної економіки.

Важливим напрямком є використання стратегічних ігор для дослідження економічної конкуренції та управління ресурсами. У більшості економічних стратегій реалізовано принцип обмеженості ресурсів, що змушує користувача приймати оптимальні рішення щодо їх використання. У таких умовах формуються навички стратегічного мислення, прогнозування та оцінювання ризиків. Гравець повинен визначати пріоритетні напрямки розвитку, враховувати можливі зміни ринку та адаптувати власну стратегію до нових умов.

Особливе значення комп'ютерні ігри мають у процесі економічної освіти. Використання інтерактивних моделей дозволяє значно підвищити ефективність засвоєння навчального матеріалу. Традиційне вивчення економіки часто базується на теоретичних формулах і статистичних даних, які складно сприймаються без практичного застосування. Ігрові симулятори дають можливість експериментально перевіряти економічні закономірності та оцінювати наслідки різних сценаріїв розвитку економіки. Студенти можуть змінювати параметри системи,

досліджувати вплив інфляції, безробіття, зміни податкової політики чи фінансових криз на економічний розвиток.

Сучасні дослідження демонструють, що комп'ютерні ігри можуть бути ефективним засобом формування економічного мислення та розвитку аналітичних здібностей. В умовах інтерактивного середовища користувач навчається швидко аналізувати інформацію, оцінювати альтернативні варіанти дій та прогнозувати можливі наслідки управлінських рішень. Це особливо важливо для підготовки фахівців економічного та управлінського профілю.

У багатокористувацьких онлайн-іграх створюються складні віртуальні економіки, які функціонують за принципами реального ринку. У EVE Online існує власна фінансова система, внутрішня валюта, біржі ресурсів та механізми торгівлі між гравцями. Вартість товарів формується залежно від попиту та пропозиції, а економічна активність учасників безпосередньо впливає на стабільність внутрішнього ринку. Подібні віртуальні економіки стали об'єктом дослідження науковців у сфері цифрової економіки та поведінкових фінансів.

Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій сприяють інтеграції штучного інтелекту та методів машинного навчання у комп'ютерні ігри. Це дозволяє створювати адаптивні економічні моделі, які реагують на поведінку користувача та змінюють параметри функціонування економічної системи. Використання штучного інтелекту дає можливість моделювати складні ринкові процеси, аналізувати поведінку споживачів та прогнозувати економічні тенденції.

Окрему увагу слід приділити використанню теорії ігор у моделюванні економічних процесів. Теорія ігор дозволяє аналізувати поведінку економічних суб'єктів у конкурентному середовищі, прогнозувати стратегії взаємодії між учасниками ринку та оцінювати ефективність управлінських рішень. Використання ігрових моделей дає можливість досліджувати механізми співпраці, конкуренції та розподілу ресурсів у складних економічних системах.

Перспективним напрямком є застосування комп'ютерних ігор для підготовки управлінського персоналу та моделювання кризових економічних ситуацій. Ігрові тренажери дозволяють моделювати фінансові ризики, кризові явища, зміну ринкової кон'юнктури та оцінювати ефективність різних стратегій управління. Такий підхід сприяє розвитку практичних навичок прийняття рішень та формуванню професійної компетентності майбутніх спеціалістів.

Важливу роль у розвитку сучасних комп'ютерних ігор відіграють дослідження у сфері комп'ютерної графіки, штучного інтелекту та інформаційних технологій. Праці Олег Романюк присвячені розвитку інформаційних технологій, використанню штучного інтелекту та дослідженню сучасних комп'ютерних систем, що можуть бути використані при створенні економічних симуляторів та навчальних ігор.

Таким чином, комп'ютерні ігри є ефективним інструментом відображення економічних закономірностей та моделювання ринкових процесів. Вони поєднують методи математичного моделювання, інтерактивної візуалізації та аналізу даних, що забезпечує високий рівень наочності та ефективності навчання. Використання ігрових технологій у сфері економіки дозволяє формувати практичні навички управління ресурсами, стратегічного планування та аналізу економічних процесів. Подальший розвиток штучного інтелекту, машинного навчання та віртуальної реальності сприятиме створенню ще більш реалістичних і складних економічних моделей, що відкриває нові перспективи використання комп'ютерних ігор у науці, освіті та бізнесі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Д. Газавей, *PROsystem: вступ до дизайну ігрових систем*. Львів: Фабула, 2024.
 - [2] О. Н. Романюк, М. В. Степанець, «Найпопулярніші математичні комп'ютерні ігри», Вінницький національний технічний університет, 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/49850>
 - [3] О. Н. Романюк, О. В. Романюк, О. М. Ціхановська, С. В. Котлик, «Вимоги до розробки комп'ютерних ігор», ВНТУ, 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/31793>
 - [4] О. Н. Романюк, М. Д. Захарчук, С. В. Котлик, О. Я. Стахов, «Етапи створення тривимірних ігор», ВНТУ, 2023. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/37943>
- УДК 004.9:61:37

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР В МЕДИЦИНІ

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

КОТЛИК С.В. (sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

Розглянуто сучасні підходи до використання ігрових технологій у медицині, зокрема в навчанні, лікуванні та реабілітації пацієнтів. Проаналізовано можливості інтерактивних рішень для підвищення ефективності медичних послуг і залучення користувачів до процесу терапії. Визначено основні переваги ігор, серед яких мотивація, персоналізація та безпечне відпрацювання практичних навичок.

Сучасний розвиток цифрових технологій сприяв активному впровадженню ігрових підходів у медицину [1-4], що сформувало окремий напрям - використання так званих «серйозних ігор» у лікуванні, навчанні та реабілітації. У межах медичної інформатики такі рішення розглядаються як інструмент підвищення ефективності медичних послуг, покращення підготовки фахівців і залучення пацієнтів до процесу лікування. Ігри для медицини — це програмні продукти, які поєднують елементи гри з науково обґрунтованими методами впливу на фізичний або психічний стан людини. Вони застосовуються не лише для розваги, а насамперед для досягнення конкретних клінічних або освітніх результатів.

Одним із напрямів є використання ігор у медичній освіті. Навчальні симуляції дозволяють студентам і лікарям відпрацьовувати клінічні навички без ризику для пацієнтів. Наприклад, віртуальні середовища моделюють складні ситуації, такі як невідкладна допомога чи хірургічні втручання, що дає змогу формувати практичні компетенції в умовах, максимально наближених до реальних. Такий підхід базується на принципах симуляційного навчання і значно підвищує рівень засвоєння матеріалу. Ігрові механіки, зокрема система балів, рівнів і досягнень, стимулюють мотивацію до навчання та сприяють кращому запам'ятовуванню інформації.

Важливою сферою застосування є реабілітація пацієнтів після травм або захворювань. Ігрові технології активно використовуються у відновленні рухових функцій, особливо після інсультів або ортопедичних операцій. Пацієнти виконують вправи у формі гри, що знижує психологічне навантаження і підвищує зацікавленість у регулярних тренуваннях. У цьому контексті широко застосовується фізична реабілітація, де інтерактивні ігри допомагають відновлювати координацію, силу та точність рухів. Дослідження показують, що такі підходи можуть бути ефективнішими за традиційні методи, оскільки пацієнти частіше дотримуються програми лікування.

Окрему роль відіграють ігри у психотерапії та підтримці психічного здоров'я. Вони застосовуються для зниження рівня тривожності, лікування депресії, розвитку когнітивних функцій і корекції поведінки. Ігрове середовище дозволяє безпечно моделювати ситуації, що викликають стрес, і навчати пацієнтів ефективним стратегіям реагування.

У межах психотерапії ігри можуть використовуватися як допоміжний інструмент, що підсилює дію традиційних методів лікування. Важливо, що інтерактивність і залучення сприяють формуванню позитивного емоційного досвіду, що є критично важливим для відновлення психічного стану.

Ще одним перспективним напрямом є використання ігор для профілактики захворювань і популяризації здорового способу життя. Ігрові додатки мотивують користувачів до фізичної активності, правильного харчування та дотримання режиму дня. Вони можуть відстежувати показники здоров'я і надавати рекомендації у доступній формі. У цьому випадку поєднуються елементи гейміфікації та персоналізованого підходу до користувача, що підвищує ефективність профілактичних заходів. Такі рішення особливо актуальні в умовах зростання поширеності хронічних захворювань.

Суттєвим аспектом є застосування ігор у діагностиці. Деякі ігрові системи здатні аналізувати реакції користувача, швидкість прийняття рішень, точність рухів або когнітивні показники, що дозволяє виявляти ранні ознаки захворювань. Наприклад, зміни у поведінці під час гри можуть

свідчити про когнітивні порушення або неврологічні проблеми. Таким чином, ігри стають інструментом не лише лікування, а й раннього виявлення патологій.

Не менш важливою є інтеграція ігрових технологій з сучасними технічними засобами. Використання датчиків руху, біометричних пристроїв і систем візуалізації розширює можливості медичних ігор. Вони дозволяють отримувати точні дані про стан пацієнта і адаптувати програму лікування в реальному часі. Такий підхід забезпечує індивідуалізацію терапії та підвищує її результативність. Крім того, розвиток дистанційних технологій відкриває можливість використання ігор у домашніх умовах під контролем лікаря.

Ігрові рішення поступово переходять від допоміжних засобів до частини офіційних протоколів лікування, особливо у сферах реабілітації, неврології та психічного здоров'я. У межах цифрова медицина це означає, що лікар зможе призначати не лише препарати, а й спеціалізовані ігрові програми з доведеною ефективністю.

Завдяки розвитку штучний інтелект ігри зможуть адаптуватися під конкретного пацієнта: його стан, прогрес, мотивацію та навіть емоційні реакції. Це дозволить створювати індивідуальні програми реабілітації або терапії, які змінюються в реальному часі, підвищуючи результативність лікування.

Значні перспективи пов'язані з розвитком дистанційної медицини. Ігри стають інструментом, який можна використовувати вдома під наглядом лікаря через інтернет. Це особливо актуально для людей похилого віку або пацієнтів після операцій, які не можуть регулярно відвідувати медичні заклади. У такому форматі ігри виконують роль «посередника» між лікарем і пацієнтом, забезпечуючи постійний контроль і підтримку.

Окремо варто відзначити розширення можливостей реабілітації. Ігрові технології у поєднанні з датчиками руху, камерами та носимими пристроями дозволяють точно відстежувати фізичну активність і коригувати вправи. У сфері фізична терапія це відкриває можливість більш ефективного відновлення після інсультів, травм або хірургічних втручань.

Перспективним є і використання ігор для ранньої діагностики. Аналіз поведінки користувача під час гри — швидкість реакції, точність рухів, логічні рішення — може допомогти виявляти початкові стадії когнітивних або неврологічних порушень. Це дає шанс почати лікування раніше, ніж при традиційних підходах.

Ігрові симуляції стають дедалі реалістичнішими, що дозволяє відпрацьовувати складні клінічні сценарії без ризику. У поєднанні з технологіями віртуального середовища це може без серйозних клінічних досліджень ігри не можуть повноцінно інтегруватися в систему охорони здоров'я. Також важливими залишаються питання безпеки даних, доступності технологій і підготовки медичного персоналу.

У підсумку, перспективи ігор у медицині пов'язані з їх переходом від допоміжного інструменту до повноцінного елементу лікування, навчання та профілактики. Найближчі роки, ймовірно, покажуть не просто зростання їх популярності, а й реальне закріплення у практичній медицині як ефективного цифрового засобу.

Попри значні переваги, використання ігор у медицині має і певні обмеження. Серед них - необхідність клінічної валідації, забезпечення безпеки даних, а також адаптація до індивідуальних особливостей пацієнтів. Не всі ігрові рішення мають достатню доказову базу, що вимагає проведення додаткових досліджень. Важливо також враховувати етичні аспекти, зокрема питання конфіденційності та відповідальності за результати лікування.

У підсумку, ігри для медицини є перспективним і багатофункціональним інструментом, який поєднує технології, науку та практику охорони здоров'я. Вони сприяють підвищенню якості медичної освіти, ефективності лікування та рівня залучення пацієнтів. Подальший розвиток цього напрямку залежить від міждисциплінарної співпраці, удосконалення технологій і накопичення наукових доказів їх ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] R. Damaševičius, R. Maskeliūnas, and T. Blažauskas, "Serious Games and Gamification in Healthcare: A Meta-Review," *Information*, vol. 14, no. 2, p. 105, 2023.
- [2] Y. Wang et al., "Application of Serious Games in Health Care: Scoping Review and Bibliometric Analysis," *Frontiers in Public Health*, vol. 10, 2022.

[3] A. Abd-Alrazaq et al., "The Effectiveness of Serious Games in Alleviating Anxiety: Systematic Review and Meta-analysis," JMIR Serious Games, vol. 10, no. 1, 2022.

[4] A. Abd-Alrazaq et al., "Artificial Intelligence-Driven Serious Games in Health Care: Scoping Review," JMIR Serious Games, 2022.

УДК 004.9:61:37

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «КОМП'ЮТЕРНА АНІМАЦІЯ»

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

КОТЛИК С.В. (sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

РОМАНЮК О.В. (romaniukoksana@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто підходи до адаптивного використання антиаліайзингу в сучасних комп'ютерних іграх. Проаналізовано класичні та новітні методи згладжування, а також їх вплив на продуктивність і якість зображення. Особливу увагу приділено адаптивним алгоритмам, що змінюють параметри обробки залежно від сцени та апаратних ресурсів. Окреслено перспективи розвитку технології.

Розглянуто особливості викладання дисципліни «Комп'ютерна анімація» у закладах вищої освіти. Проаналізовано сучасні підходи до формування професійних компетентностей студентів у сфері комп'ютерної графіки та анімації. Визначено основні методичні аспекти викладання дисципліни, пов'язані з поєднанням теоретичної підготовки та практичного застосування сучасних програмних засобів. Досліджено роль інтерактивних технологій навчання, проєктного підходу та міждисциплінарної інтеграції у підготовці майбутніх фахівців. Значну увагу приділено розвитку творчого мислення, візуального сприйняття та алгоритмічного підходу до створення анімаційних об'єктів. Наведено приклади використання сучасних технологій тривимірного моделювання, цифрового рендерингу та засобів візуалізації у процесі навчання. Встановлено, що ефективне викладання комп'ютерної анімації потребує комплексного підходу, який поєднує сучасні педагогічні методи, практичну орієнтацію навчання та використання актуальних інформаційних технологій.

Комп'ютерна анімація є одним із найбільш динамічних напрямів сучасних інформаційних технологій, який активно використовується у сфері комп'ютерних ігор, кінематографії, реклами, вебдизайну, віртуальної та доповненої реальності. У зв'язку зі стрімким розвитком цифрових технологій виникає потреба у підготовці висококваліфікованих фахівців, здатних створювати якісний анімаційний контент та використовувати сучасні інструменти комп'ютерної графіки. Саме тому дисципліна «Комп'ютерна анімація» займає важливе місце у підготовці студентів спеціальностей, пов'язаних із програмною інженерією, комп'ютерними науками, дизайном та мультимедійними технологіями.

Особливість викладання дисципліни полягає у необхідності поєднання технічних, художніх та алгоритмічних аспектів підготовки студентів. На відміну від багатьох інших технічних дисциплін, комп'ютерна анімація вимагає не лише знання програмного забезпечення та математичних методів, але й розвитку творчого мислення, композиційних навичок та візуального сприйняття. У процесі навчання студенти повинні опановувати принципи побудови анімації, закони руху, основи кольорознавства, особливості освітлення та текстуровання об'єктів.

Одним із важливих аспектів викладання дисципліни є забезпечення тісного взаємозв'язку між теоретичною та практичною складовими навчання. Теоретичний матеріал повинен містити основи комп'ютерної графіки, методи побудови двовимірної та тривимірної анімації, принципи роботи графічних процесорів, алгоритми рендерингу та засоби оптимізації графічних сцен. Практична

частина навчання має бути спрямована на формування у студентів навичок роботи з професійними програмними продуктами, такими як Blender, Autodesk Maya, 3ds Max, Adobe Animate або Unreal Engine.

Важливу роль у викладанні комп'ютерної анімації відіграє використання проєктного підходу. Виконання індивідуальних та групових проєктів дозволяє студентам застосовувати набуті знання на практиці, формує навички командної роботи та розвиває креативність. У процесі створення анімаційних проєктів студенти навчаються планувати етапи роботи, розподіляти ресурси, аналізувати результати та вдосконалювати створений контент. Проєктна діяльність також сприяє формуванню професійного портфоліо, що є важливим фактором для подальшого працевлаштування.

Сучасні методики викладання дисципліни передбачають активне використання інтерактивних технологій навчання. До таких технологій належать мультимедійні презентації, відеодемонстрації, інтерактивні лабораторні роботи, онлайн-платформи та системи дистанційного навчання. Використання цифрових ресурсів дозволяє зробити освітній процес більш наочним, підвищити мотивацію студентів та забезпечити доступ до актуальних навчальних матеріалів. Особливого значення набуває використання хмарних сервісів та онлайн-середовищ для спільної роботи над анімаційними проєктами.

Викладання комп'ютерної анімації потребує врахування міждисциплінарного характеру цієї галузі. Для ефективного засвоєння дисципліни студенти повинні володіти знаннями з програмування, математики, комп'ютерної графіки, дизайну та психології сприйняття візуальної інформації. Саме тому навчальні програми мають бути інтегрованими та забезпечувати взаємозв'язок між різними дисциплінами. Наприклад, знання алгоритмів та структур даних дозволяє оптимізувати процес створення анімації, а основи фізики допомагають моделювати реалістичний рух об'єктів.

Окрему увагу слід приділяти розвитку творчих здібностей студентів. У процесі навчання важливо формувати у студентів уміння створювати оригінальні художні рішення, працювати з композицією кадру та використовувати візуальні ефекти для передачі емоційного змісту. Викладач повинен стимулювати студентів до експериментування, самостійного пошуку ідей та аналізу сучасних тенденцій у сфері анімації.

Значним викликом у викладанні дисципліни є швидкий розвиток програмного забезпечення та технологій комп'ютерної графіки. Постійне оновлення програмних продуктів вимагає від викладача безперервного професійного розвитку та адаптації навчальних матеріалів до сучасних вимог. Крім того, заклади освіти повинні забезпечувати належний рівень технічного оснащення, оскільки створення та обробка анімаційного контенту потребує потужних комп'ютерних систем та сучасного графічного обладнання.

Ефективність викладання комп'ютерної анімації значною мірою залежить від організації практичних занять. Практичні роботи повинні бути орієнтовані на поступове ускладнення завдань та охоплювати різні етапи створення анімаційного продукту. На початкових етапах студенти можуть вивчати основи моделювання та анімації простих об'єктів, а надалі переходити до створення складних сцен, роботи з освітленням, спецефектами та інтерактивними елементами.

Важливою складовою освітнього процесу є оцінювання результатів навчання студентів. Традиційні методи контролю знань повинні поєднуватися з оцінюванням практичних навичок та творчих досягнень. Доцільним є використання портфоліо студентських робіт, презентацій проєктів та демонстрації готових анімаційних продуктів. Такий підхід дозволяє об'єктивно оцінити рівень професійної підготовки студентів та їхню готовність до виконання реальних виробничих завдань.

Особливу роль у сучасному освітньому процесі відіграють технології віртуальної та доповненої реальності. Використання VR та AR у навчанні комп'ютерної анімації дозволяє створювати інтерактивне середовище, у якому студенти можуть візуалізувати результати своєї роботи та взаємодіяти з цифровими об'єктами у реальному часі. Такі технології значно підвищують зацікавленість студентів та сприяють формуванню практичних навичок роботи з сучасними мультимедійними системами.

У процесі викладання дисципліни доцільно використовувати елементи проблемного навчання. Постановка творчих та технічних задач стимулює студентів до самостійного аналізу

проблемних ситуацій, пошуку оптимальних рішень та застосування отриманих знань у нових умовах. Проблемне навчання також сприяє розвитку критичного мислення та підвищує рівень професійної підготовки майбутніх фахівців.

Суттєве значення має співпраця закладів освіти з ІТ-компаніями та студіями комп'ютерної графіки. Залучення практикуючих спеціалістів до освітнього процесу дозволяє студентам ознайомитися з реальними виробничими процесами, сучасними вимогами ринку праці та актуальними технологічними тенденціями. Проведення майстер-класів, практикумів та стажувань сприяє підвищенню якості підготовки студентів та формуванню професійних компетентностей.

Однією з важливих умов успішного викладання дисципліни є мотивація студентів до навчання. Викладач повинен створювати сприятливе навчальне середовище, у якому студенти матимуть можливість реалізувати власні творчі ідеї та бачити практичну цінність отриманих знань. Використання сучасних прикладів із кіноіндустрії, комп'ютерних ігор та цифрового мистецтва дозволяє підвищити інтерес студентів до дисципліни та стимулювати їхню активність.

Таким чином, викладання дисципліни «Комп'ютерна анімація» має комплексний характер та потребує поєднання сучасних педагогічних технологій, практичної орієнтації навчання та використання актуального програмного забезпечення. Ефективна організація освітнього процесу сприяє формуванню у студентів професійних компетентностей, розвитку творчого потенціалу та підготовці конкурентоспроможних фахівців у сфері інформаційних технологій та комп'ютерної графіки.

ПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] The Art of 3D Computer Animation and Effects, Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2023.
- [2] The Animator's Survival Kit, revised ed. London, UK: Faber and Faber, 2022.
- [3] Multimedia: Making It Work, 10th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2021.
- [4] Principles of Multimedia, 3rd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2020.
- [5] О. О. Шеншин and О. Н. Романюк, "Фізично обґрунтована анімація в комп'ютерній графіці," у зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. Internet-конф. «Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ та управління», Суми/Вінниця, Україна, 20–21 лист. 2024 р. Суми, Україна: НІКО / КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти», 2024, pp. 215–217.
- [6] О. Н. Романюк, Р. Ю. Чехмestрук, О. В. Романюк and А. В. Денисюк, "Математичне забезпечення дисципліни «Комп'ютерна графіка»," у матеріалах Міжнар. наук.-метод. Internet-конф. «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності», Вінниця, Україна, 11–12 жовт. 2022 р., 2022. [Online]. Available: Conference paper URL
- [7] О. Н. Романюк, О. В. Романюк and Р. Ю. Чехмestрук, Комп'ютерна графіка [Online]. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2023, 147 p.

УДК 004:616-08:159.9

ІГРОВІ ДОДАТКИ ДЛЯ КОГНІТИВНО-ПОВЕДІНКОВОЇ ТЕРАПІЇ

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)
Вінницький національний технічний університет
КОТЛИК С.В. (sergknet@gmail.com)
Одеський національний технологічний університет
ТИТОВА Н.В. (titova.n.v@op.edu.ua)
РОМАНЮК С.О. (romaniukoksnav@gmail.com)
Національний університет «Одеська політехніка»

Ігрові додатки для когнітивно-поведінкової терапії є перспективним напрямом цифрової медицини, що поєднує психотерапевтичні методики з елементами гейміфікації. Вони сприяють підвищенню мотивації пацієнтів та покращенню прихильності до лікування. Дослідження підтверджують їх ефективність у лікуванні тривожних розладів, депресії та когнітивних порушень.

Ігрові додатки для когнітивно-поведінкової терапії (КПТ) [1-3] формують новий підхід до надання психологічної допомоги, який базується на інтеграції традиційних психотерапевтичних методів із сучасними інформаційними технологіями. Когнітивно-поведінкова терапія є одним із найбільш науково обґрунтованих методів лікування психічних розладів, спрямованим на зміну деструктивних мисленнєвих патернів і поведінкових реакцій, що викликають психологічний дискомфорт. В умовах цифровізації медицини з'являється можливість реалізувати ці принципи у вигляді мобільних та ігрових застосунків, що значно розширює доступність терапії та дозволяє використовувати її поза межами клінічного середовища.

Сучасні ігрові додатки для КПТ поєднують терапевтичний контент із механіками, характерними для відеоігор, такими як система винагород, рівні, сюжетні сценарії та інтерактивні завдання. Такий підхід дозволяє підвищити залученість користувача, що є критично важливим фактором ефективності терапії. Однією з основних задач класичної КПТ є недостатня прихильність пацієнтів до виконання терапевтичних вправ, тоді як гейміфікація сприяє регулярному використанню додатків і кращому засвоєнню матеріалу. Ігрові елементи стимулюють мотивацію через механізми зворотного зв'язку та досягнень, що створює позитивний досвід взаємодії та знижує психологічний бар'єр до терапії.

Функціонально такі додатки реалізують основні техніки когнітивно-поведінкової терапії, зокрема когнітивну реструктуризацію, поведінкову активацію, вирішення проблем та навчання саморегуляції. Вони можуть включати інтерактивні діалоги, вправи на ідентифікацію негативних думок, сценарії прийняття рішень та тренування навичок емоційного контролю. У багатьох випадках додатки виступають як цифрові терапевтичні помічники, що супроводжують користувача протягом усього процесу лікування та адаптують контент відповідно до його прогресу.

Окремим напрямом розвитку є ігри, створені з терапевтичною або навчальною метою. У контексті КПТ вони застосовуються для лікування депресії, тривожних розладів та нейропсихологічних порушень. Наприклад, дослідження показують, що інтерактивні ігрові форми цифрової КПТ можуть ефективно зменшувати симптоми депресії та покращувати якість життя пацієнтів завдяки поєднанню психотерапевтичного впливу та високого рівня залучення. Такі системи часто мають модульну структуру, що дозволяє масштабувати їх використання та адаптувати до різних груп пацієнтів.

Ігрові додатки також активно застосовуються у дитячій та підлітковій психотерапії, де традиційні методи часто виявляються менш ефективними через низьку мотивацію та труднощі у сприйнятті абстрактних концепцій. Гейміфіковані рішення дозволяють подати терапевтичний матеріал у доступній і зрозумілій формі, використовуючи метафори, персонажів та сюжетні лінії. Це сприяє кращому розумінню емоційних процесів і формуванню навичок саморегуляції.

Додатковою перевагою є можливість використання біологічного зворотного зв'язку та сенсорних технологій, що дозволяють інтегрувати фізіологічні показники у процес терапії. Наприклад, деякі ігрові системи відстежують серцевий ритм або рівень стресу та адаптують складність завдань відповідно до стану користувача. Це створює більш персоналізований підхід до лікування та підвищує його ефективність.

Попри значний потенціал, ігрові додатки для КПТ мають низку обмежень. Однією з основних проблем є недостатня інтеграція з клінічною практикою та відсутність стандартизації. Багато додатків не проходять належної клінічної валідації, що обмежує їх використання у медичних установах. Крім того, існують питання щодо конфіденційності даних, етичності використання та необхідності контролю з боку фахівців. Дослідження також вказують на те, що значна частина додатків виконує лише окремі функції та не забезпечує повноцінного терапевтичного процесу.

Перспективи розвитку цього напрямку пов'язані з подальшим удосконаленням технологій штучного інтелекту, розширеної та віртуальної реальності, а також інтеграцією з системами телемедицини. Очікується, що майбутні ігрові додатки зможуть забезпечити більш глибоку персоналізацію терапії, автоматичний аналіз поведінкових патернів і більш точне прогнозування результатів лікування. Крім того, розвиток доказової бази та проведення рандомізованих клінічних досліджень сприятиме ширшому впровадженню таких рішень у практичну медицину.

Подальший розвиток пов'язаний із поєднанням ігор та біомедичних технологій. Використання носимих сенсорів, які вимірюють пульс, активність, рівень стресу, дозволить іграм реагувати на фізіологічний стан людини в реальному часі. У межах біомедичної інженерії це відкриває можливість створення адаптивних терапевтичних систем, де гра автоматично змінює складність або тип завдань залежно від стану пацієнта.

Перспективним є напрям нейрореабілітації, де ігри поєднуються з дослідженнями роботи мозку. Застосування технологій, пов'язаних із нейропластичністю, дозволяє стимулювати відновлення пошкоджених функцій через спеціально розроблені ігрові вправи. Це особливо важливо для пацієнтів після інсультів або черепно-мозкових травм.

Значний потенціал має використання ігор у лікуванні хронічних захворювань. Пацієнти з такими станами часто потребують тривалого контролю і дотримання рекомендацій. Ігрові механіки допомагають формувати стійкі звички, підвищують дисципліну та залученість до лікування, що прямо впливає на результати терапії.

Розвивається також напрям соціально орієнтованих медичних ігор. Вони створюють спільноти пацієнтів, де люди можуть взаємодіяти, отримувати підтримку і обмінюватися досвідом. Такий підхід особливо ефективний у боротьбі з ізоляцією, яка часто супроводжує тривалі захворювання.

Окремо варто відзначити перспективи використання ігор у паліативній допомозі. Інтерактивні середовища можуть покращувати якість життя пацієнтів, зменшувати біль і тривожність, створюючи комфортний психологічний простір.

Таким чином, ігрові додатки для когнітивно-поведінкової терапії є важливим інструментом сучасної цифрової медицини, який поєднує ефективність психотерапевтичних методів із можливостями інтерактивних технологій. Вони забезпечують підвищення доступності лікування, покращення залученості пацієнтів та відкривають нові перспективи розвитку психотерапії в умовах інформаційного суспільства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] J. Yang et al., "Serious game-interactive digitalised cognitive behavioural therapy versus psychoeducation for adults with mild to moderate depression," *Trials*, 2026.
- [2] J. Lin and W.-R. Chang, "Effectiveness of serious games as digital therapeutics for enhancing the abilities of children with ADHD: Systematic literature review," *JMIR Serious Games*, vol. 13, 2025.
- [3] K. Keshavjee et al., "Review of cognitive behavioural therapy mobile apps using a reference architecture embedded in the patient-provider relationship," *BioMedical Engineering OnLine*, 2022.

УДК 004.92

МОЛОДІЖНІ КОНКУРСИ З КОМП'ЮТЕРНОЇ АНІМАЦІЇ

РОМАНЮК О.Н., МАЙДАНИУК В.П., РОМАНЮК О.В.
(maidaniuk2000@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто сучасні молодіжні конкурси та фестивалі комп'ютерної анімації, які сприяють розвитку творчих здібностей молоді, формуванню професійних навичок у сфері цифрового мистецтва та популяризації анімаційних технологій. Проаналізовано міжнародні й українські заходи, орієнтовані на студентів, школярів та молодих митців. Особливу увагу приділено ролі конкурсів у розвитку креативного мислення, командної роботи та використання сучасного програмного забезпечення для створення анімації. Досліджено значення фестивалів для професійної орієнтації молоді та інтеграції творчих індустрій у сферу інформаційних технологій.

Сучасний розвиток інформаційних технологій та цифрових медіа суттєво вплинув на популяризацію комп'ютерної анімації серед молоді. Комп'ютерна анімація стала важливою

складовою сучасної індустрії мультимедіа, кінематографії, реклами, комп'ютерних ігор та освітніх технологій. Зростання доступності програмних засобів для створення анімації, таких як Blender, Autodesk Maya, Adobe Animate та Unity, сприяло активному залученню школярів і студентів до творчої діяльності у сфері цифрового мистецтва. Одним із найбільш ефективних способів підтримки молодих аніматорів є проведення спеціалізованих конкурсів і фестивалів комп'ютерної анімації [1].

Молодіжні конкурси анімації виконують не лише творчу, а й освітню функцію. Учасники отримують можливість продемонструвати власні роботи, обмінятися досвідом із професіоналами галузі, отримати оцінку експертів та ознайомитися з сучасними тенденціями розвитку анімаційних технологій. Багато конкурсів орієнтовані саме на студентську та учнівську молодь, що сприяє ранньому професійному становленню майбутніх фахівців у сфері комп'ютерної графіки та мультимедіа [2].

Одним із відомих міжнародних молодіжних фестивалів є Animateka, який проводиться у Словенії та орієнтований на підтримку авторської й студентської анімації [1]. У межах заходу демонструються короткометражні анімаційні фільми, організовуються майстер-класи, творчі зустрічі та освітні програми для молоді. Особливістю фестивалю є наявність окремої категорії студентських анімаційних робіт, що дозволяє молодим митцям презентувати власні проекти на міжнародному рівні.

Важливе значення для розвитку молодіжної анімації має український фестиваль LINOLEUM, який є одним із найбільших фестивалів анімації та медіамистецтва в Україні [2], [3]. Фестиваль приймає роботи, створені в різних техніках анімації, включаючи 2D, 3D, stop-motion та експериментальну анімацію. У 2026 році фестиваль започаткував окрему категорію для AI-анімації, що свідчить про інтеграцію сучасних технологій штучного інтелекту в анімаційну індустрію [2].

Для дітей і підлітків значний інтерес становить конкурс Smart Movie Awards, у межах якого учасники створюють анімаційні відео у техніці stop-motion із використанням LEGO-конструкторів. Конкурс спрямований на розвиток творчого мислення, навичок командної роботи та основ цифрової анімації серед дітей і підлітків. Використання ігрових елементів та доступних засобів створення анімації робить подібні заходи популярними серед молоді.

Серед міжнародних студентських змагань важливе місце займає 24 HOURS Animation Contest for Students [4]. Особливістю цього конкурсу є необхідність створення короткого анімаційного фільму протягом 24 годин. Учасники працюють у командах, що сприяє розвитку навичок колективної роботи, швидкого прийняття рішень та ефективного використання програмних засобів анімації. Конкурс об'єднує студентів із різних країн світу та стимулює міжнародну співпрацю у сфері цифрового мистецтва.

В Україні важливу роль у підтримці молодих дизайнерів та аніматорів відіграє міжнародний конкурс із WEB-дизайну та комп'ютерної графіки, який проводить Вінницький національний технічний університет [6]. Конкурс орієнтований на школярів, студентів і молодих фахівців, які працюють у сфері цифрового мистецтва, комп'ютерної графіки та анімації. Серед номінацій конкурсу представлені категорії «Краща GIF-анімація», «Краща 3D-анімація», «Комп'ютерна графіка» та «WEB-дизайн» [6]. Учасники мають можливість презентувати власні творчі роботи, продемонструвати навички роботи з сучасними графічними пакетами та технологіями моделювання.

Особливістю конкурсу ВНТУ є його освітня спрямованість. Організатори конкурсу приділяють значну увагу підтримці талановитої молоді та розвитку інтересу до інформаційних технологій [6]. Оцінювання робіт здійснюється за критеріями художньої якості, технічної складності, оригінальності та рівня реалізації анімаційних ефектів. Проведення конкурсу в дистанційному форматі забезпечує можливість участі молоді з різних регіонів України та інших країн, що сприяє міжнародному обміну досвідом і популяризації цифрового мистецтва.

В Україні також проводяться конкурси, пов'язані з комп'ютерною графікою та вебдизайном, які включають номінації з анімації. Одним із таких є міжнародний конкурс «CreDiCo», організований за участі українських та закордонних університетів [5]. Учасники представляють роботи з комп'ютерної графіки, цифрового дизайну та анімації, що дозволяє інтегрувати освітній процес із практичною творчою діяльністю.

Суттєву роль у популяризації комп'ютерної анімації відіграють фестивалі цифрового мистецтва та трансмедійних технологій. Наприклад, Cartoons on the Bay об'єднує молодих авторів

анімації, фахівців із мультимедіа та представників телевізійної індустрії. У межах фестивалю проводяться конкурси короткометражних анімаційних фільмів, освітні програми та презентації сучасних цифрових технологій.

Молодіжні конкурси комп'ютерної анімації мають важливе значення для професійної підготовки студентів спеціальностей, пов'язаних із комп'ютерною графікою та мультимедіа. Участь у конкурсах дозволяє молоді формувати портфоліо, здобувати практичний досвід та встановлювати професійні контакти. Крім того, фестивалі сприяють популяризації української анімації на міжнародному рівні та стимулюють розвиток креативних індустрій.

Сучасні тенденції розвитку конкурсів анімації пов'язані з використанням технологій штучного інтелекту, віртуальної реальності та інтерактивних медіа. Молоді аніматори дедалі частіше використовують нейронні мережі для генерації анімаційних ефектів, автоматизації проміжних кадрів та створення цифрових персонажів. Це відкриває нові перспективи для творчості та розширює можливості цифрового мистецтва.

Отже, молодіжні конкурси з комп'ютерної анімації є важливим інструментом розвитку творчих здібностей, професійної підготовки та міжнародної співпраці молоді. Вони сприяють інтеграції інформаційних технологій і мистецтва, підтримують талановитих молодих авторів та стимулюють розвиток сучасної анімаційної індустрії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] "Animateka International Animated Film Festival," Animation Festival Network. [Online]. Available: <https://animationfestivalnetwork.eu/animateka/>. Accessed: May 13, 2026.
- [2] "LINOLEUM та HOLYWATER TECH запускають конкурс AI-анімації," Cineast, 2026. [Online]. Available: <https://cineast.com.ua/2026/04/02/linoleum-holywater-tech/>. Accessed: May 13, 2026.
- [3] "Регламент фестивалю LINOLEUM 2026," LINOLEUM Festival. [Online]. Available: <https://linoleumfest.com/uk/about/regulations>. Accessed: May 13, 2026.
- [4] "24 HOURS Animation Contest for Students," 24 Hours Animation Contest. [Online]. Available: <https://24hourscontest.com/>. Accessed: May 13, 2026.
- [5] "Міжнародний конкурс з комп'ютерної графіки та вебдизайну «CreDiCo»,» Прикарпатський національний університет, 2023. [Online]. Available: <https://kmimn.pnu.edu.ua/2023/10/14/mizhnarodnyj-konkurs-z-komp-iuternoi-hrafiky-ta-vebdyzajnu/>. Accessed: May 13, 2026.
- [6] "XXV міжнародний конкурс із WEB-дизайну та комп'ютерної графіки," Вінницький національний технічний університет. [Online]. Available: <https://webdesign.vntu.edu.ua/>. Accessed: May 13, 2026.

УДК 004.92

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ АНІМАЦІЇ

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)
МАЙДАНЮК В.П. (maidaniuk2000@gmail.com)
РОМАНЮК О.В. (romaniukoksnav@gmail.com)
Вінницький національний технічний університет
КОТЛИК С.В. (sergknet@gmail.com)
Одеський національний технологічний університет

Розглянуто математичне забезпечення комп'ютерної анімації як основу створення сучасних інтерактивних графічних систем, мультимедійних застосунків та ігрових середовищ. Проаналізовано основні математичні методи, що використовуються для моделювання руху об'єктів, трансформацій, побудови кривих і поверхонь, а також формування реалістичних візуальних ефектів. Особливу увагу приділено застосуванню лінійної алгебри, аналітичної геометрії, чисельних методів та фізичного моделювання у задачах анімації. Наведено характеристику алгоритмів інтерполяції, сплайнів, кінематики та систем частинок, які широко

використовуються у сучасних програмних продуктах. Розглянуто роль математичних моделей у забезпеченні плавності руху, реалістичності освітлення та оптимізації обчислювальних процесів. Визначено перспективи розвитку математичного забезпечення комп'ютерної анімації у напрямку інтеграції штучного Комп'ютерна анімація є одним із найважливіших напрямів сучасної комп'ютерної графіки та мультимедійних технологій. Вона широко застосовується у кінематографії, комп'ютерних іграх, системах віртуальної та доповненої реальності, інженерному проектуванні, освіті та медичних симуляторах. Основою функціонування будь-якої системи комп'ютерної анімації є математичне забезпечення, яке визначає способи формування геометричних моделей, моделювання руху, освітлення, деформацій та взаємодії об'єктів у тривимірному просторі.

Математичне забезпечення комп'ютерної анімації охоплює комплекс математичних методів, алгоритмів і моделей, що забезпечують створення, перетворення та відображення анімованих сцен. Одним із базових розділів є лінійна алгебра, яка використовується для опису координатних перетворень. Будь-який об'єкт у тривимірній графіці подається множиною вершин, координати яких змінюються за допомогою матриць трансформацій. До основних перетворень належать перенесення, масштабування та обертання. Для їх реалізації використовують однорідні координати та матриці четвертого порядку, що дозволяє об'єднувати декілька операцій у єдину матричну форму.

Важливе місце у комп'ютерній анімації займає аналітична геометрія. За її допомогою виконують побудову кривих, поверхонь та просторових моделей. Для створення плавних траєкторій руху широко використовують криві Безьє, B-сплайни та NURBS-поверхні. Ці математичні моделі забезпечують високу точність апроксимації та дозволяють формувати складні анімовані об'єкти. Криві Безьє особливо ефективні при моделюванні траєкторій руху персонажів та камер, оскільки забезпечують плавний перехід між контрольними точками.

Однією з основних задач комп'ютерної анімації є моделювання руху. Для цього використовують методи кінематики та динаміки. Пряма кінематика визначає положення всіх елементів системи на основі відомих параметрів руху, тоді як обернена кінематика дозволяє автоматично обчислювати кути повороту суглобів для досягнення заданого положення кінцевої точки. Методи оберненої кінематики широко застосовуються у системах анімації людини та робототехнічних моделях.

Фізичне моделювання є важливою складовою математичного забезпечення анімації. Для формування реалістичних ефектів використовують рівняння механіки, гідродинаміки та теорії пружності. Зокрема, моделювання тканин базується на системах мас-пружина, де вершини тканини з'єднуються пружними зв'язками. Аналогічно здійснюється моделювання волосся, мотузок та інших гнучких структур. Для анімації рідин застосовують чисельне розв'язування рівнянь Нав'є–Стокса, що дозволяє створювати ефекти води, диму та вогню.

У сучасних системах анімації широко використовуються системи частинок. Кожна частинка характеризується координатами, швидкістю, масою та часом існування. Сукупність великої кількості частинок дозволяє моделювати складні природні явища: вибухи, опади, дим, полум'я та пил. Рух частинок описується диференціальними рівняннями, а їхня поведінка визначається законами механіки та випадковими параметрами.

Важливим напрямом є математичні методи інтерполяції. У комп'ютерній анімації часто виникає необхідність формування проміжних кадрів між ключовими положеннями об'єкта. Для цього використовують лінійну, поліноміальну та сплайнову інтерполяцію. Інтерполяційні алгоритми забезпечують плавність руху та мінімізують ривки під час зміни положення об'єкта. Особливо важливе значення має кватерніонна інтерполяція, яка застосовується для плавного обертання тривимірних моделей без виникнення ефекту втрати ступенів свободи.

Математичне забезпечення анімації тісно пов'язане із задачами освітлення та зафарбовування поверхонь. Для формування реалістичних зображень використовують моделі локального та глобального освітлення. Найбільш відомими є моделі Фонга та Бліна–Фонга, які базуються на обчисленні дифузної та дзеркальної складових освітлення. Модель Фонга забезпечує високу якість візуалізації блискучих поверхонь, однак потребує значних обчислювальних ресурсів. Модель

Бліна–Фонга дозволяє зменшити обчислювальну складність шляхом використання половинного вектора між напрямком спостереження та джерелом світла.

Для підвищення реалістичності сучасної анімації застосовують фізично коректний рендеринг. У таких системах використовують BRDF-функції, що описують розподіл відбитого світла залежно від напрямків освітлення та спостереження. Фізично коректні моделі дозволяють отримувати високореалістичні зображення матеріалів: металу, скла, пластику, шкіри та тканин. Водночас значна складність обчислень потребує використання графічних процесорів та паралельних алгоритмів.

Одним із ключових напрямів розвитку математичного забезпечення є процедурна анімація. У цьому випадку рух об'єктів формується автоматично на основі математичних правил і алгоритмів. Процедурна генерація дозволяє створювати великі віртуальні світи, натовпи персонажів та природні явища без необхідності ручного задання кожної анімації. Для цього використовують фрактальні моделі, стохастичні алгоритми та методи штучного інтелекту.

Сучасна комп'ютерна анімація активно інтегрує методи машинного навчання. Нейронні мережі використовують для автоматичного синтезу рухів персонажів, генерації міміки та реконструкції рухів людини на основі відеоданих. Такі системи здатні аналізувати великі обсяги інформації та формувати реалістичні анімаційні послідовності. Особливого поширення набули генеративні моделі, які дозволяють автоматизувати процес створення анімаційного контенту.

Важливу роль у математичному забезпеченні відіграють чисельні методи. Багато задач анімації не мають аналітичного розв'язку, тому використовують методи чисельного інтегрування, зокрема метод Ейлера, метод Рунге–Кутти та інші алгоритми. Вони забезпечують обчислення траєкторій руху, фізичних взаємодій та деформацій об'єктів у реальному часі.

Оптимізація обчислювальних процесів є важливою проблемою сучасної комп'ютерної анімації. Для прискорення рендерингу використовують просторові структури даних: дерева BSP, octree та kd-tree. Вони дозволяють швидко визначати видимі об'єкти сцени та мінімізувати кількість необхідних обчислень. Крім того, сучасні графічні процесори підтримують паралельне виконання великої кількості операцій, що значно підвищує продуктивність анімаційних систем.

Математичне забезпечення комп'ютерної анімації постійно розвивається разом із удосконаленням апаратного забезпечення та алгоритмів штучного інтелекту. Сучасні технології дозволяють створювати реалістичні віртуальні світи з високим рівнем деталізації та складною фізичною взаємодією об'єктів. Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний із використанням нейромережевих методів, квантових обчислень та адаптивних алгоритмів рендерингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Foley J. D., van Dam A., Feiner S. K., Hughes J. F. *Computer Graphics: Principles and Practice*. 3rd ed. Boston: Addison-Wesley, 2023. 1264 p.
2. Marschner S., Shirley P. *Fundamentals of Computer Graphics*. 5th ed. Boca Raton: CRC Press, 2022. 808 p.
3. Kerlow I. *The Art of 3D Computer Animation and Effects*. 5th ed. Hoboken: Wiley, 2023. 512 p.
4. Lengyel E. *Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics*. 4th ed. Boston: Cengage Learning, 2022. 768 p.
5. Romanyuk O. N., Melnyk A. V., Kotlyk S. V. Methods of realistic shading in computer graphics systems // *Proceedings of SPIE*. 2023. Vol. 12586. P. 125860F.
6. Parent R. *Computer Animation: Algorithms and Techniques*. 4th ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2021. 672 p.
7. Vince J. *Mathematics for Computer Graphics*. London: Springer, 2021. 488 p.
8. Watt A., Watt M. *Advanced Animation and Rendering Techniques*. New York: ACM Press, 2022. 448 p.

ОПТИМІЗОВАНІ АЛГОРИТМИ ЦИФРОВОГО СИНТЕЗУ ЗВУКУ ДЛЯ САУНД-ДИЗАЙНУ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ ТА МУЛЬТИМЕДІА

СЕНТЮРІН Є. Є. (yevhenii_sentiurin@ukr.net)

Вінницький національний технічний університет

У роботі розглянуто питання проектування та розробки віртуального музичного синтезатора у форматі VST3-плагіна для створення професійного аудіоконтенту. Проаналізовано сучасні програмні аналоги та методи цифрової генерації звуку, серед яких обрано алгоритми з обмеженою смугою пропускання PolyBLEP та оптимізовану модель фільтра змінних стану (SVF) Ендрю Сімпера. Запропоновано архітектуру високопродуктивного аудіо-рушія, що інтегрує швидкий генератор шуму Xorshift, динамічний розподіл поліфонії та унікальний багаторівневий модуль автоматичного захисту слуху від пікових перевантажень. Представлено приклад практичної реалізації програмного продукту мовою C++ із використанням фреймворку JUCE, де адаптивний векторний інтерфейс забезпечує інтуїтивне керування параметрами. Очікуваним результатом є підвищення ефективності роботи саунд-дизайнерів завдяки еталонній якості звучання інструмента при мінімальному навантаженні на центральний процесор.

Сучасні комп'ютерні ігри та інтерактивні мультимедійні проєкти вимагають унікального аудіоконтенту для глибокої емоційної комунікації з користувачем. Звуковий супровід виступає одним із найважливіших каналів передачі інформації, що створює атмосферу, підкреслює ігрову механіку та підсилює залученість гравця. Для генерації такого контенту саунд-дизайнери активно використовують віртуальні музичні інструменти формату VST3. Проте більшість комерційних аналогів є надмірно ресурсомісткими, що ускладнює їх використання у масштабних проєктах, де обчислювальні потужності центрального процесора (CPU) критично необхідні для одночасної обробки ігрової логіки та графіки[1],[2].

Метою дослідження є проектування високопродуктивного віртуального музичного інструмента, який ефективно балансує між професійною (еталонною) якістю звукової генерації та жорсткою оптимізацією апаратних ресурсів комп'ютера.

Практичну реалізацію програмного продукту виконано мовою програмування C++ із використанням спеціалізованого кросплатформеного фреймворку JUCE[3]. Замість застосування готових ресурсомістких шаблонів було розроблено власне високопродуктивне DSP-ядро. Для подолання проблеми цифрового аліасингу (небажаних металевих призвуків у високих регістрах) осцилятори розробленого інструмента використовують сучасні алгоритми генерації хвиль з обмеженою смугою пропускання PolyBLEP[4]. Цей математичний підхід дозволяє динамічно коригувати розриви фази у реальному часі, що гарантує акустичну чистоту тембру.

Генерація шумових ефектів, яка є невіддільною частиною ігрового саунд-дизайну (наприклад, для створення звуків вітру, кроків, вибухів чи магічних ефектів), реалізована за допомогою надшвидкого алгоритму псевдовипадкових чисел Xorshift на базі побітових операцій. Тембральна обробка спектра здійснюється цифровим резонансним фільтром змінних стану (SVF) за оптимізованим алгоритмом Ендрю Сімпера, що дозволяє створювати динамічні розгортки звуку без затримок[5].

Для зручної взаємодії з програмним продуктом спроектовано адаптивний графічний інтерфейс на основі векторної графіки (рис. 1). Він забезпечує інтуїтивне керування всіма параметрами звукоутворення на єдиній панелі без необхідності перемикання додаткових вікон, що суттєво пришвидшує робочий процес саунд-дизайнера під час створення аудіоконтенту.

Особливу увагу приділено модулю управління ресурсами поліфонії. Розроблений інтелектуальний алгоритм превентивного витіснення нот (voice stealing) та механізм повторного використання ідентичних активних подій дозволяють суттєво знизити надлишкове навантаження на процесор під час інтенсивного відтворення. Також впроваджено функцію автоматичного центрування басових регістрів при розширенні стереобазы, що є критично важливим критерієм для забезпечення щільного та моно-сумісного звучання ігрових саундтреків на будь-яких акустичних пристроях.

Унікальною особливістю розробки є інтегрований багаторівневий модуль безпеки. Спеціальний алгоритм здійснює безперервний посемпловий моніторинг аудіотракту та миттєво

зануляє вихідний буфер при виявленні некоректних обчислень (NaN, Inf) або пікових перевантажень, надійно захищаючи слух саунд-дизайнера та професійне студійне обладнання.



Рис. 1 – Загальний вигляд графічного інтерфейсу віртуального синтезатора

Висновки. Спроектований віртуальний VST3-синтезатор є потужним рішенням для генерації динамічних звукових текстур та ефектів безпосередньо для ігрової індустрії та мультимедійних платформ. Впроваджені сучасні алгоритми обробки (PolyBLEP, Xorshift, SVF) дозволили досягти професійної якості звуку при екстремально низькому навантаженні на CPU. Це робить розроблений програмний інструмент ефективним засобом для створення аудіоконтенту, який забезпечує якісну звукову комунікацію з кінцевим споживачем мультимедійного продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Duda S. Xfer Records Serum: Advanced Wavetable Synthesizer. Las Vegas : Xfer Records, 2024. 112 р.
2. Vital Documentation. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://vital.audio/docs/>
3. JUCE Framework API Reference // JUCE Limited. — London : JUCE, 2024. — 890 р.
4. Stilson T. Alias-Free Digital Synthesis of Classic Analog Waveforms. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://ccrma.stanford.edu/~stilti/papers/>
5. Simper A. Cytomic Technical Papers: The SVF Linear Trapezoidal Integrated Method. [Електронний ресурс] / A. Simper. — Cytomic, 2014. — Режим доступу: <https://cytomic.com/files/dsp/SvfLinearTrapezoidalSimplified.pdf>

УДК 004.652.5:004.652.4

ГРА ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

СЛУШНА Н.В. (kalmus.n@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

Матеріали тез містять короткі відомості про роль гри у формуванні поведінки людини та особливості процесу прийняття рішень.

Насамперед, важливо визначити, що таке гра. Гра – це особлива форма діяльності, що супроводжує людину з раннього дитинства і зберігає своє значення протягом усього життя, в якій створюється умовна реальність з певними правилами, цілями та обмеженнями. На відміну від реального життя гра надає безпечний простір, де людина може експериментувати з різними моделями поведінки, не побоюючись серйозних наслідків. У той же час, гра є складною системою, в якій моделюються реальні життєві ситуації. Саме тому ігри відіграють важливу роль у навчанні та розвитку.

Одним із ключових елементів будь-якої гри є прийняття рішення. Ухвалення рішення у грі завжди пов'язане з невизначеністю. Гравець постійно стикається з необхідністю вибору: яку стратегію вибрати, яку дію зробити, чи варто ризикувати чи діяти обережно, може не знати намірів інших учасників, ймовірності настання тих чи інших подій чи прихованих чинників, які впливають на результат. У цих умовах важливу роль відіграють такі фактори, як аналіз доступної інформації, інтуїція, попередній досвід і здатність швидко адаптуватися до умов, що змінюються. Таким чином, гра стає своєрідним тренуванням мислення, де кожне рішення має наслідки.

На процес ухвалення рішень впливає безліч факторів. Серед них обсяг доступної інформації, рівень ризику, можлива нагорода, а також поведінка інших гравців. Важливу роль відіграє й час: у деяких іграх рішення необхідно приймати швидко, що посилює напругу та вимагає розвинутих навичок аналізу та реакції.

Для глибшого розуміння цих процесів використовується Теорія ігор – наукова дисципліна, яка вивчає стратегію поведінки у ситуаціях конфлікту та співробітництва. Вона допомагає визначити, які рішення є раціональними, і пояснює, як учасники взаємодіють один з одним. Приклади з теорії ігор широко застосовуються не тільки в ігрових ситуаціях, але і в економіці, політиці та соціальному житті.

Проте треба сказати, що людина який завжди діє строго раціонально. На прийняття рішень впливають емоції, інтуїція, особистий досвід та навіть настрої. Іноді гравці приймають ризиковані рішення заради можливої високої нагороди або під впливом азарту. Це показує, що процес вибору – це складне поєднання логіки та психологічних факторів.

Особливе значення гри полягає в тому, що вона надає швидкий зворотний зв'язок. Результат прийнятого рішення стає очевидним практично відразу: гравець виграє чи програє, досягає мети чи зазнає невдачі. Це дозволяє аналізувати власні дії, робити висновки та вдосконалювати стратегію. Таким чином, гра сприяє розвитку критичного мислення та здатності до навчання.

На закінчення можна сказати, що гра має глибоке значення для розуміння людської поведінки та є важливим інструментом для формування навичок прийняття рішень. Вона допомагає людині навчитися оцінювати ситуацію, враховувати ризики та вибирати найефективніші стратегії. Досвід, отриманий у грі, може бути успішно перенесений у реальне життя, що робить ігри значним елементом розвитку особистості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Теорія ігор та Методи прийняття рішень. Боровський Денис. Онлайн. [https:// scribd.com/document/946654069](https://scribd.com/document/946654069).
- [2] Теорія ігор. Ігри: основні поняття і принципи. Онлайн. [https://stud.com.ua/93131/ekonomika/ teoriya_igor#google_vignette](https://stud.com.ua/93131/ekonomika/teoriya_igor#google_vignette).
- [3] Теорія ігор. Онлайн. <https://pidru4niki.com/>.
- [4] Значення ігор у розвитку навичок прийняття рішень та вирішення проблем. Онлайн. <https://kiddy.com.ua/igri-dlya-rozvitku-vminnya-prijmati-rishennya-ta-rozvyazuvati-problemi-yak-pokrashiti-navichki-ukrainskoyu/>

УДК 378:355.543:004.946

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ЯК ЕЛЕМЕНТ ІГРОВИХ МЕТОДИК НАВЧАННЯ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ЗРАЗКІВ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

СНІТКОВ К.І., БОНДАРЕНКО С.В., ПОЛІЩУК А.М. (constantin@gmail.com)
Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

У тезах розглянуто використання технологій віртуальної реальності та елементів гейміфікації у процесі вивчення будови зразків артилерійського озброєння. Обґрунтовано доцільність застосування інтерактивних 3D-моделей і навчальних сценаріїв для підвищення наочності, мотивації та ефективності підготовки військових фахівців. Представлено розроблене програмно-апаратне забезпечення та окреслено перспективи його використання у військовій освіті.

Сучасна військова освіта вимагає впровадження інноваційних підходів до навчання, що забезпечують підвищення мотивації та ефективності засвоєння складного технічного матеріалу [1]. Одним із таких підходів є використання гейміфікації та елементів «серйозних ігор», які дозволяють трансформувати традиційний навчальний процес у більш інтерактивне та практико-орієнтоване середовище [2].

Традиційні методи викладання технічних дисциплін не завжди забезпечують достатній рівень наочності та залученості курсантів, особливо у питаннях вивчення конструкції зразків озброєння, принципів роботи вузлів і агрегатів та виконання процедур технічного обслуговування.

Водночас навчання безпосередньо на реальних зразках озброєння залишається найбільш ефективним способом формування практичних навичок. Проте обмежений доступ до техніки, велика кількість тих, хто навчається, а також складність окремих систем, зокрема самохідних артилерійських установок, ускладнюють повноцінну організацію такого навчального процесу.

На основі викладеного виникає актуальне науково-практичне завдання підвищення ефективності підготовки військових фахівців шляхом використання ігрових методик навчання, гейміфікації та технологій віртуальної реальності (Рис.1) У цьому контексті вони розглядаються як інструмент поєднання теоретичного навчання з елементами практичного моделювання професійної діяльності [3].



Рис. 1 – Використання VR-комплексу курсантом під час вивчення будови артилерійського озброєння

Застосування зазначених технологій забезпечує інтерактивне тривимірне відтворення зразків озброєння, що дозволяє реалізувати принципи «серйозних ігор» у навчальному процесі: поетапне дослідження конструкції, виконання навчальних сценаріїв технічного обслуговування та візуалізацію внутрішніх процесів роботи агрегатів (Рис.2). Це підвищує залученість тих, хто навчається, та сприяє кращому засвоєнню навчального матеріалу [4].



Рис. 2 – Віртуальна модель конструкційних елементів та процедур технічного обслуговування артилерійського озброєння у VR-середовищі

Окреме значення має моделювання процедур технічного обслуговування у форматі інтерактивних сценаріїв, що формує стійкі алгоритми дій, підвищує безпеку навчання та сприяє розвитку практичних навичок без використання реальної техніки (Рис.3).



Рис. 3 – Віртуальна модель артилерійського озброєння у VR-середовищі

З урахуванням актуальності поставленого науково-практичного завдання було розроблено програмно-апаратне забезпечення із використанням технологій 3D-візуалізації (Рис.4) (3D-окулярів для одного зразка артилерійського озброєння). На його основі розпочато педагогічний експеримент з метою оцінювання ефективності його використання у навчальному процесі. Отримані результати планується застосувати для подальшого вдосконалення ігрових методик викладання технічних дисциплін, а також оприлюднити у наукових публікаціях [5].

Таким чином, використання гейміфікації, елементів серйозних ігор та технологій віртуальної реальності є перспективним напрямом підвищення ефективності військової освіти, що забезпечує поєднання навчання, моделювання та практичного відпрацювання професійних навичок.



Рис.4 – Програмно-апаратний комплекс для реалізації технологій віртуальної реальності

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. Ю. Биков, “Цифрова трансформація освіти і педагогічної науки в умовах розвитку інформаційного суспільства,” Інформаційні технології і засоби навчання, т. 70, № 2, с. 15–36, 2019.
- [2] D. Michael and S. Chen, Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform. Boston, USA: Thomson Course Technology, 2006.
- [3] J. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm and I. Wohlgenannt, “A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda,” Computers & Education, vol. 147, 2020.
- [4] С. О. Сисоєва та К. П. Осадча, “Використання технологій віртуальної реальності у професійній підготовці фахівців,” Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах, № 74, с. 102–107, 2021.
- [5] К. І. Снітков, А. М. Поліщук та Г. О. Семів, “Використання технологій віртуальної реальності як інструменту інтенсифікації вивчення будови зразків озброєння,” у Сучасні виклики та напрями розвитку системи забезпечення якості військової освіти в умовах воєнного стану: тези

доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна, 18 березня 2026 р., Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2026, с. 366.

УДК 004.9

ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ МЕХАНІК ДЛЯ ПІДТРИМКИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ТРАЄКТОРІЇ В ПЕРСОНАЛІЗОВАНІЙ ОСВІТНІЙ СИСТЕМІ

КОВАЛЮК Т.В. (tetyana.kovalyuk@knu.ua)

СОРОКА С.М. (s.soroka31@icloud.com)

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Досліджено можливості використання ігрових механік у персоналізованій освітній системі для підтримки індивідуальної навчальної траєкторії здобувача освіти. Розглянуто механіки вибору, прогресії, адаптивної складності та зворотного зв'язку як засоби підвищення залученості користувача і підтримки його просування відповідно до індивідуальних освітніх потреб. Пропонується модель персоналізації, де ігрові елементи (Skill Trees, Dynamic Difficulty, Narrative Quests) виступають не лише засобами мотивації, а й інструментами динамічної корекції індивідуальної освітньої траєкторії. Наведено технічний приклад реалізації системи для навчання принципів Clean Code та Refactoring у процесі підготовки фахівців з інженерії програмного забезпечення.

Постановка проблеми. У сучасних умовах цифровізації освіти все більшої актуальності набуває проблема підтримки індивідуальної навчальної траєкторії здобувача освіти. Традиційні підходи до організації навчального процесу не завжди забезпечують достатній рівень мотивації, гнучкості та адаптації до потреб конкретного користувача. Одним із перспективних напрямів розв'язання цієї проблеми є поєднання персоналізованих освітніх систем з елементами гейміфікації, що дозволяє зробити навчальний процес не лише адаптивним до потреб конкретного здобувача, а й більш залучаючим, динамічним та емоційно насиченим [1–3]. Персоналізація на основі ігрових механік дозволяє перетворити процес опанування складних інженерних концепцій на кероване дослідження, де кожен крок адаптується до успіхів студента. У гейміфікованому середовищі індивідуальна навчальна траєкторія (ІНТ) перестає бути лише послідовністю навчальних модулів і перетворюється на персоналізований ігровий сценарій.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні доцільності використання ігрових механік як інструмента підтримки індивідуальної навчальної траєкторії в персоналізованій освітній системі, а також у визначенні найбільш ефективних підходів до їх інтеграції в адаптивне навчальне середовище.

Завдання дослідження. Для досягнення мети визначені такі завдання: проаналізувати основні елементи гейміфікації та їх вплив на навчальну мотивацію; дослідити можливості використання механік вибору, прогресії, адаптивної складності та зворотного зв'язку у персоналізованій освітній системі; розглянути підходи до підтримки індивідуальної навчальної траєкторії засобами ігрових механік; оцінити значення гейміфікаційних інструментів для взаємодії користувача з адаптивним навчальним середовищем. Як матеріал дослідження використано наукові джерела, присвячені гейміфікації в освіті [1 – 6].

Актуальність дослідження. Актуальність полягає у розв'язанні суперечності між необхідністю масової освіти та потребою в глибокій індивідуалізації навчального досвіду. Вона обумовлена кількома критичними факторами сучасної освіти:

- невідповідність темпів навчання: у класичних системах сильні учні часто втрачають інтерес через надто повільний темп, тоді як слабші — мотивацію через складність матеріалу. Ігрові механіки дозволяють автоматизувати адаптивність навчання, що раніше було доступне лише при індивідуальній роботі з ментором;

– перехід до компетентнісного підходу, який вимагає не просто знань, а конкретних навичок. Ігрові механіки забезпечують візуалізацію процесу формування навичок, дозволяючи студенту бачити архітектуру власних компетентностей у реальному часі;

– технологічна готовність, що пов'язана з розвитком AI та Data Science, дозволяє реалізовувати складні алгоритми адаптивної гейміфікації, які ще декілька років тому були технічно неможливими для масових освітніх продуктів.

Ігрові механіки та інструменти для ІНТ. Гейміфікація розглядається як використання окремих ігрових механік у неігровому середовищі з метою підвищення залученості, мотивації та активності користувача [1; 2]. Для обґрунтування архітектури персоналізованої освітньої системи необхідно чітко розмежувати ігрові механіки як теоретичні принципи та їхні інструментальні реалізації як технологічні рішення. Фундаментальні механіки виступають «психологічними двигунами», які забезпечують динаміку навчання:

– прогресія та зворотний зв'язок відповідають на потребу учня в компетентності. Прогресія дає відчуття постійного руху, а зворотний зв'язок – миттєве підтвердження правильності дій, що є критичним для корекції траєкторії в реальному часі;

– вибір та розгалуження реалізують принцип автономії. Можливість обирати шлях чи спосіб розв'язання задачі перетворює учня з пасивного споживача контенту на активного суб'єкта, який власноруч формує свою траєкторію навчання;

– адаптивна складність обґрунтовується теорією потоку Мігая Чиксентмігаї. Вона забезпечує стан максимальної концентрації, коли складність завдання точно відповідає поточному рівню навичок студента.

Інструментальні реалізації ігрових механік інтегрують вищезгадані механіки у функціонал освітньої системи. У сучасних персоналізованих освітніх системах найбільш поширеними є такі інструменти:

1. Skill Trees (дерева навичок) реалізують візуалізацію прогресії та вибору на основі графових структур даних, у яких кожен вузол відповідає окремому результату навчання. Студент бачить деревоподібну карту, де нові зони знань відкриваються лише після опанування базових. Skill Trees дозволяють студенту самостійно обирати напрямки спеціалізації, формуючи індивідуальний профіль компетентностей у межах освітньої системи [6].

2. Dynamic Difficulty Adjustment (DDA) реалізує автоматизацію адаптивної складності та зворотного зв'язку, використовуючи алгоритми аналізу поведінки користувача та learning analytics [3; 6]. Якщо показник успішності виходить за межі оптимального (наприклад, 70-85%), система автоматично змінює складність наступного модуля. Такий підхід забезпечує персоналізацію темпу навчання та складності завдань.

3. Narrative Quests (Наративні квести) втілюють розгалуження і вибір через контекст. Їх механізм представляє сценарний рушій, що подає навчальний матеріал як серію взаємопов'язаних місій. Кожне рішення учня впливає на подальший розвиток сюжету та набір доступних завдань. В рамках ІНТ Narrative Quests забезпечують контекстуалізацію навчального матеріалу та підтримують нелінійність проходження індивідуальної освітньої траєкторії [2; 4].

Таблиця 1 – Ієрархія ігрових механік та інструментів їх реалізації

Концептуальна механіка (Принцип)	Структурний інструмент (Реалізація)	Вплив на індивідуальну траєкторію
Прогресія	Skill Trees	Дозволяє бачити перспективу розвитку та фіксувати досягнення кожного етапу.
Адаптивна складність	DDA	Підлаштовує темп подачі матеріалу під когнітивні можливості конкретного учня.
Розгалуження	Narrative Quests	Забезпечує нелінійність: кожен учень проходить через унікальний набір ситуацій.
Вибір	Skill Trees / Quests	Надає учневі суб'єктність (можливість самостійно визначати пріоритети в навчанні).
Зворотний зв'язок	Real-time Feedback & Analytics Dashboards	Забезпечує миттєву корекцію дій учня та постачає дані для роботи DDA та розгалуження сюжету.

Синергія механік та інструментів. Поєднання механік гейміфікації та адаптивних освітніх технологій створює передумови для побудови інтелектуальних персоналізованих систем навчання [3; 5]. Механіки та інструменти виконують різні функції в архітектурі програмної системи: ігрові механіки є логічними правилами, що забезпечують залученість. Інструменти є технічними засобами реалізації цих механік. Без чітких інструментів (як-от DDA) механіка адаптивності залишилася б лише теорією, неможливою для реалізації у масовій освіті. Таблиця 1 демонструє, як концептуальні принципи реалізуються через конкретні інструменти в інтелектуальних навчальних системах.

Оцінювання запропонованого підходу до побудови персоналізованої системи з ігровими механіками. Оскільки реалізація програмної системи з ігровими механіками та інструментами є предметом подальших досліджень, у даній роботі проведено теоретико-аналітичне оцінювання запропонованої архітектури і сценарне моделювання дій студента та реакції ігрової механіки. Такий підхід відповідає практиці оцінювання концептуальних архітектур в академічних дослідженнях у галузі адаптивних та інтелектуальних освітніх систем.

Сценарне моделювання роботи системи. Розглянемо сценарій реалізації персоналізації для курсу «Проектування ПЗ». Розглянутий кейс — модуль «Об'єктно-орієнтований дизайн». Початкова точка: студент отримує ігровий квест «Фортеця Спадщини (Legacy Fortress)». Завдання: провести рефакторинг монолітного коду. Ігровий сценарій взаємодії студента із системою подано в табл. 2.

Таблиця 2 – Ігровий сценарій для кейса «Об'єктно-орієнтований дизайн»

Дія студента	Реакція ігрової механіки	Зміна траєкторії (Персоналізація)
Студент ігнорує принципи SOLID, але код працює.	Механіка «Negative Feedback Loop», технічний борг у грі зростає, сповільнюючи подальший прогрес.	Система додає в траєкторію мікро-лекцію про Single Responsibility Principle.
Студент успішно застосовує патерн «Strategy».	Механіка «Achievement Unlocked»: відкривається доступ до гілки «Architectural Patterns».	Система пропонує перестрибнути базовий рівень «Basic Patterns» і перейти до «Distributed Systems».

Висновки. Результати сучасних досліджень підтверджують, що використання гейміфікації та адаптивних механізмів позитивно впливає на мотивацію, залученість та навчальні результати здобувачів освіти [1; 2; 6]. Визначено, що механіки вибору, прогресії, адаптивної складності та зворотного зв'язку найбільш повно відповідають завданню підвищення мотивації, адаптивності та залученості користувача. Використання ігрових механік для ІТ-спеціальностей дозволяє досягти таких результатів:

1. Зменшення Drop-out rate (коефіцієнт відсіву): гейміфіковані траєкторії підтримують механізми позитивного підкріплення, що критично для складних предметів, як-от «Алгоритми та структури даних».

2. Підвищення об'єктивності оцінювання: оцінювання формується не за результатами одного іспиту, а за сукупністю ігрових досягнень протягом усього курсу (Continuous Evaluation).

3. Формування soft skills: механіки командних рейдів (Team Quests) стимулюють навички співпраці, необхідні в Agile-командах.

Перспективами подальших досліджень є розробка моделей практичної інтеграції гейміфікаційних інструментів у персоналізовані освітні платформи та оцінювання їх впливу на результати навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Z. Zainuddin, M. Shujahat, H. Haruna, and S. K. W. Chu, "The role of gamified e-quizzes on student learning and engagement: An interactive gamification solution for a formative assessment system," *Computers & Education*, vol. 145, Art. no. 103729, 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103729.

[2] A. N. Saleem, N. M. Noori, and F. Ozdamli, "Gamification applications in e-learning: A literature review," *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 27, no. 1, pp. 139–159, 2022, doi: 10.1007/s10758-020-09487-x.

[3] K. Almohammadi, H. Hagrass, D. Alghazzawi, and G. Aldabbagh, "A survey of artificial intelligence techniques employed for adaptive educational systems within e-learning platforms," *Journal*

of Artificial Intelligence and Soft Computing Research, vol. 11, no. 3, pp. 213–229, 2021, doi: 10.2478/jaiscr-2021-0014.

[4] M. D. Saputra, S. Joyoatmojo, D. K. Wardani, and K. B. Sangka, “Developing critical-thinking skills through gamification-based learning media in educational systems,” *International Journal of Instruction*, vol. 14, no. 3, pp. 395–414, 2021, doi: 10.29333/iji.2021.14323a.

[5] R. Huang, J. M. Spector, and J. Yang, *Educational Technology: A Primer for the 21st Century*. Singapore: Springer, 2022, doi: 10.1007/978-981-19-0351-9.

[6] A. Krouska, C. Troussas, and C. Sgouropoulou, “Personalized learning pathways in higher education using learning analytics and gamification,” *Education Sciences*, vol. 13, no. 2, Art. no. 123, 2023, doi: 10.3390/educsci13020123.

УДК 004.42:004.94:519.857

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ІГОР-ПІСОЧНИЦЬ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПРОГРАМІСТІВ

СТАХІВ Ю. М. (yurii.stakhiv-ip243@nung.edu.ua),

БОВК Р.Б. (roman.vovk@nung.edu.ua)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У роботі досліджено потенціал ігор-пісочниць як інструменту формування інженерного мислення студентів через моделювання складних систем на базі модифікацій Minecraft. Авторами обґрунтовано ефективність ігрової автоматизації та логічних автоматів для візуалізації абстрактних концепцій програмування, таких як конвеєризація даних та алгоритмічна декомпозиція.

Сучасна парадигма викладання STEM-дисциплін потребує впровадження інноваційних методів залучення здобувачів вищої освіти до освітнього процесу. Одним із найбільш ефективних інструментів у цьому контексті є гейміфікація [1]. У даній роботі досліджується освітній потенціал ігор-пісочниць (на прикладі платформи Minecraft) як середовища для моделювання складних технічних систем. Зокрема, аналізується вплив механік крафту та управління ресурсами на формування інженерного й алгоритмічного мислення у майбутніх фахівців із програмної інженерії [2].

Практика викладання свідчить, що студенти часто стикаються з труднощами при засвоєнні основ архітектури складних систем через високий рівень абстракції класичних дедуктивних методів навчання. Вирішенню цієї проблеми сприяє застосування інтерактивних віртуальних середовищ, які дають змогу в емпіричній формі розв'язувати інженерні задачі в умовах обмежених ресурсів, безпечно моделюючи реальні процеси розробки та експлуатації систем.

У межах дослідження було проведено аналіз ігрових механік управління ресурсами. Встановлено, що інтеграція комплексних модифікацій (зокрема індустріально-логічного спрямування) ефективно сприяє засвоєнню навичок алгоритмічної декомпозиції [3]. Сучасні ігри цього жанру пройшли еволюцію від простих конструкторів до складних симуляторів логістичних систем. Зокрема, модифікації, що впроваджують концепції генерації, трансформації та передачі енергії, вимагають від гравця застосування методів системного аналізу.

Фундаментом успішної реалізації ігрових завдань стає автоматизація — побудова замкнених циклів, де вихідні параметри одного процесу є входними даними для іншого. Зазначений підхід імітує концепцію конвеєризації даних (data pipelining) у програмній інженерії. Порівняльну характеристику ігрових механік та відповідних їм інженерних концепцій наведено в таблиці 1.

Як практичний кейс було реалізовано автоматизацію рунічного вівтаря. Налаштування даного механізму потребує проектування системи за принципами скінченного автомата зі зворотним зв'язком. На рисунку 1 наведено технічну схему реалізованої системи: логічний компаратор здійснює моніторинг рівня наповненості вівтаря енергією, що є тригером для запуску відповідних умовних операторів (скидання каталізатора та імітація керуючого сигналу).

Таблиця 1 – Порівняння ігрових механік та інженерних концепцій

Ігрова механіка (Модифікації гри)	Еквівалент в інженерії програмного забезпечення
Маршрутизація предметів та енергії через магістралі	Управління потоками даних, черги повідомлень (Message Queues)
Логічні вентиля, компаратори, тригери	Умовні оператори, циклічні конструкції, булева алгебра
Автоматизація багатокрокового крафту	Автоматизація процесів збірки та розгортання (CI/CD)
Оптимізація обчислювальних потужностей (лагів)	Профілювання коду, часова та просторова складність алгоритмів



Рис. 1 — Еталонна схема автоматизації скінченного автомата

Процес алгоритмічної декомпозиції зазначеного механізму представлено на рис. 2. Блок-схема ілюструє перехід від лінійної логіки виконання до циклічної перевірки предиктивних умов та паралельної обробки дій після спрацювання логічного тригера.



Рис. 2 — Блок-схема логіки скінченного автомата рунічного вітряра

Проектування та створення таких внутрішньоігрових механізмів змушує студента здійснювати декомпозицію глобальної мети на атомарні завдання, враховувати пропускну здатність інформаційних каналів та вживати заходів щодо усунення «вузьких місць» у структурі системи.

Таким чином, використання глобальних модифікацій до ігор-пісочниць є дієвим інструментом латентного навчання. Вони привчають здобувачів до системного підходу та пошуку оптимальних архітектурних рішень. Практична реалізація логічних автоматів у ігровому середовищі наочно демонструє базові концепти програмування, що суттєво полегшує когнітивний перехід від візуально-просторового мислення до абстрактно-алгоритмічного.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Gamified Learning: Teaching Coding and Creative Thinking with Minecraft» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1480446.pdf>
2. «Of Marbles and Minecraft: Designing STEM Educational Games» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9657214>
3. «Botania Mod Ecosystem and Resource Management» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://botaniamod.net/lexicon.php>

УДК 159.9.072.43:794:004.9

КОМП'ЮТЕРНІ ІГРИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

ТЕРЕНЧУК А.Т. (anateren59@gmail.com),
Вінницький національний технічний університет

Розглядається проблема автоматизації і об'єктивізації психодіагностики, зокрема у дитячій психіатрії і психології. Запропоновано підхід до психодіагностики на основі комп'ютерних ігрових технологій, який полягає у тому, що діагностика здійснюється шляхом спостереження і оцінювання дій пацієнта у діагностичних ігрових ситуаціях. Розглянуто особливості запропонованого підходу у дитячій психології і психіатрії. Система ігрової психодіагностики може функціонувати як в автоматичному режимі, так і за участю психолога. Передбачається збереження протоколу гри для наступного аналізу, а також для використання з метою масових досліджень. Перспективним напрямом визначено застосування штучного інтелекту, який забезпечує адаптивність, об'єктивність, виявлення прихованих закономірностей і підвищення якості психодіагностичних висновків.

Психодіагностика особи є ключовим елементом як у практичній психотерапії, психіатрії, так і у психологічних дослідженнях. Психодіагностика займається вимірюванням, оцінкою, об'єктивним описом психологічних властивостей людини. Арсенал сучасної психодіагностики включає такі методи як спостереження, бесіда та клінічне інтерв'ю, анкетування та опитування, тести і нейропсихологічні проби, проєктивні методи, біографічний метод, аналіз результатів діяльності, експериментальні методи, соціометричні та групові методи, психофізіологічні методи. Для усіх цих методів характерні проблеми валідності, низької надійності, високої трудомісткості і вартості тощо. Застосування комп'ютерних засобів суттєво підвищує ефективність цих методів, але не усуває таких принципових вад, як свідоме чи несвідоме модулювання своїх реакцій піддослідною особою, вплив суб'єктивності дослідника, суспільних уявлень, соціальної бажаності [1]. Особливо гостро проблеми психодіагностики виявляються у дитячій психології і психіатрії, де деякі методи взагалі не можуть бути застосовані.

Ефективним методом психодіагностики, який подолати названі вади традиційних методів, може бути застосування комп'ютерних ігрових технологій для реалізації психодіагностичних процедур. Усі психодіагностичні методики врешті зводяться до отримання відповідей на діагностичні питання, які ставляться явно у вербальній формі (опитувальники, тести) або неявно у вигляді завдань у проєктивних методах (це робить їх непридатними у дитячій психіатрії і психології раннього віку), ситуацій у спостережувальних методах тощо. Ідея застосування

комп'ютерних ігрових технологій до психодіагностики полягає у тому, що оцінка психологічних характеристик людини здійснюється на основі спостереження її дій (поведінки) в процесі гри, яка створює послідовність діагностичних ситуацій, які вимагають прийняття рішень, планування дій, реакцій на зміни, взаємодії з віртуальними об'єктами, а також викликають певні психофізіологічні реакції досліджуваної особи. Гра реалізується спеціальним програмним забезпеченням і може розгортатися в автоматичному режимі або з участю психолога, який керує ігровими діагностичними ситуаціями. Ігрова психодіагностика природно комбінується з психофізіологічними методами дослідження, тобто в процесі гри можна фіксувати фізіологічні показники (пульс, тремор, електропровідність шкіри, характер дихання тощо). Для аналізу і отримання висновків протокол гри (дії піддослідної особи) зберігається у пам'яті системи. В процесі аналізу гри визначаються параметри поведінки і психофізіологічного стану гравця, які можуть бути кількісними або якісними, на основі чого оцінюються такі характеристики особи як:

- швидкість реакції,
- точність виконання задач,
- стратегії поведінки,
- рівень обережності або імпульсивності,
- схильність до ризику,
- стійкість уваги,
- здатність до навчання,
- рівень тривожності
- зміни поведінки і параметрів з часом,
- реакція на зриви та помилки у грі,
- гнучкість поведінки.

Як діагностичні параметри можуть бути підключені такі властивості ситуацій як кольоровий та звуковий фон, динаміка зміни їх та сцен гри тощо. Запис ходу гри синхронно з діями і станом гравця дозволяють виконувати відкладений аналіз з виявленням глибоких кореляцій, що є цінним з метою психологічних досліджень. Діагностичні ігри можуть реалізовуватись на основі існуючих комп'ютерних ігор шляхом доповнення їх відповідними функціональними модулями.

В сучасних умовах перспективним з точки зору реалізації ігрової психодіагностики видається застосування штучного інтелекту (ШІ). ШІ забезпечує повну об'єктивність, відстороненість дослідника, високу гнучкість і адаптивність за рахунок високої обчислювальної продуктивності. ШІ може адаптувати гру під поведінку користувача, створювати індивідуальні діагностичні ситуації, виявляти приховані закономірності поведінки і залежності, виробляти власні стратегії діагностики і, таким чином, підвищувати якість психодіагностики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Boyle, E. A., Connolly, T. M., Hainey, T., & Boyle, J. M. (2012). Engagement in digital entertainment games: A systematic review. *Computers in Human Behavior*, 28(3), 771–780. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.11.020>

УДК 378.147:004.41:794.8

СИНЕРГІЯ АКАДЕМІЧНОЇ ОСВІТИ ТА ПРАКТИЧНИХ СПІЛЬНОТ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ: ДОСВІД ЛЬВІВСЬКОГО ІГРОВОГО ГУРТКА

ТУРУК Д.В. (davyd.turuk.pz.2025@lpnu.ua)

Національний університет «Львівська політехніка»,
кафедра Інженерії програмного забезпечення

У роботі досліджується проблематика професійної підготовки фахівців для індустрії розробки відеоігор у ЗВО України. Проаналізовано особистий досвід студента до та після залучення у діяльність неформальної студентської спільноти — Львівського Ігрового Гуртка. Доведено, що синергія фундаментальної бази інженерії програмного забезпечення з практикою

прототипування та бізнес-аналізу є необхідною умовою для створення конкурентоспроможних ігрових продуктів.

Актуальність та проблематика. Сучасна ігрова індустрія є великою культурно-технологічною галуззю, яка потребує якісного навчання спеціалістів. Створення відеогри вже давно вийшло за межі простого написання коду; сьогодні це комплексний продукт, що потребує ретельного планування та здатен вирішувати складні задачі. Проте головною проблемою традиційної академічної освіти часто є розрив між фундаментальною теорією та практичними реаліями ринку. Метою даної роботи є аналіз впливу поєднання класичної університетської освіти з неформальними практичними ініціативами на формування комплексних компетенцій розробника ігор.

Особистий досвід. На початкових етапах навчання студенти отримують міцний алгоритмічний фундамент. Однак на практиці фокус часто зміщується виключно на глибоку технічну реалізацію (наприклад, написання складної архітектури на C++ чи розробку графічних інтерфейсів за допомогою Qt) або ж на ізольований аналіз візуальних та ігрових тропів (як-от дизайн анімацій та юнітів у стратегіях), ігноруючи цілісність проекту. При спробі самостійної розробки виникає критична нестача знань у сферах бізнес-аналізу та утримання гравця. Теоретичні знання програмування без розуміння продуктового підходу часто призводять до створення комерційно нежиттєздатних продуктів. Аналіз наукових джерел показує, що ця проблема є системною для студентів технічних спеціальностей: для подолання розриву між технічними навичками та продуктовим баченням необхідне впровадження підходів, що розвивають креативне мислення [1], а також залучення студентів до безпосереднього створення ігрових проєктів у рамках додаткової, позанавчальної освіти [2].

Інтеграція академічної бази та командної роботи. Переломним моментом стає усвідомлення процесів розробки через призму інженерії програмного забезпечення. Успіх [3] будь-якого ІТ-проєкту залежить від чіткої комунікації, правильного розподілу ролей та структурованого підходу до життєвого циклу розробки. Зокрема, використання методів попереднього моделювання систем (наприклад, за допомогою UML) та розуміння архітектурних патернів дозволяє уникнути хаосу під час масштабування ігрового проєкту.

Практика у Львівському Ігровому Гуртку. Львівський Ігровий Гурток виступив тим каталізатором, який трансформував теоретичні знання у практичні навички. Згідно з даними офіційного ресурсу Національного університету «Львівська політехніка», діяльність гуртка спрямована на проведення регулярних івентів формату Game Jam, що забезпечує студентам необхідний нетворкінг та досвід роботи над проєктами в умовах обмеженого часу [4]. Робота в таких умовах змушує застосовувати принципи швидкого прототипування. Окрім того, формується розуміння ринку: аналітика профільного порталу GameDev DOU підтверджує, що сучасному розробнику критично важливо розуміти загальне продуктове бачення, вміти створювати зрозумілу документацію та бачити взаємозв'язки між ігровими системами, а не просто писати ізольований код [5]. Саме ці навички, підкріплені принципами інженерії ПЗ, дозволяють створювати комплексний досвід для гравця.

Висновки. Лише синергія жорстких академічних стандартів (командна робота, архітектура ПЗ) та динамічної практики (участь в ігрових гуртках, розробка інді-проєктів) дозволяє виховати спеціаліста, здатного створювати конкурентоспроможні продукти. Розвиток подібних студентських ініціатив має стати невід'ємною частиною освітнього процесу в українських ЗВО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. E. A. Mikhlyakova, E. K. Starkova, E. L. Batakova, "The features of game mechanics use in teaching computer science for the development of creative thinking of students," RUDN Journal of Informatization in Education, 2022. doi: 10.22363/2312-8631-2022-19-4-340-350
2. Y. Sagimbayeva, N. Niyetbayeva, B. Tassuov, "A model for teaching students to create educational games in supplementary education in computer science," Scientific Herald of Uzhhorod University Series Physics, 2024. doi: 10.54919/physics/55.2024.43lh7
3. Є. В. Левус, Н. Б. Мельник, Основи інженерії програмного забезпечення та командна робота. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2025.

4. "Global Game Jam: в Університеті відкриють локацію міжнародної події зі створення комп'ютерних ігор," Національний університет «Львівська політехніка». [Електронний ресурс]. Доступно: <https://lpnu.ua/news/global-game-jam-v-universyteti-vidkryiut-lokatsiiu-mizhnarodnoi-podii-zi-stvorennia>. (дата звернення: 11.05.2026).

5. "Як навчатися та покращувати навички геймдизайнерам. Поради розробників," GameDev DOU. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://gamedev.dou.ua/articles/how-to-raise-skills-for-game-designers/>. (дата звернення: 11.05.2026).

УДК 371.398

ФАКУЛЬТАТИВ З РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ З ПРОГРАМУВАННЯ

ФЕДОТОВ Є.Є., ЦИММЕРМАН Г.А. (zimmermanga.zp@gmail.com),
Запорізький національний університет

Анотація. У роботі розглядається можливість використання середовища розробки Godot Engine як навчального інструмента в межах факультативних занять з інформатики для учнів 10 класу (профільний рівень). Обґрунтовано доцільність використання ігрової розробки як контексту для формування компетентностей з об'єктно-орієнтованого та подійно-орієнтованого програмування.

Актуальність дослідження. Сучасна шкільна інформатика на профільному рівні ставить перед учителем непросте завдання: сформувати у старшокласників розуміння таких абстрактних понять сучасного програмування як клас, об'єкт, подія, обробник подій, структура даних та рекурсія. До того ж, зробити це необхідно в умовах обмеженого часу та неоднорідної підготовки здобувачів освіти. За традиційного підходу ці концепції демонструються шляхом вирішення та демонстрації ізольованих консольних задач. Такий формат не завжди забезпечує достатній рівень мотивації та стійке розуміння. Водночас індустрія комп'ютерних ігор є одним із суттєвих мотиваційних чинників. За даними досліджень, залучення учнів до створення власного ігрового продукту суттєво підвищує їхню тривалість залученості у процес навчання [1]. Ігровий контекст надає абстрактним поняттям конкретного сенсу: клас перетворюється на "тип персонажа", подія – на натискання кнопки задля взаємодії з ігровим елементом, а масив стає сховищем інвентаря гравця. Наявність доступного рушія Godot Engine з власною мовою (схожою з Python) та зручним інтерфейсом, відкриває можливість впровадження ігрової розробки безпосередньо в навчальний процес (без необхідності придбання ліцензій та надмірних вимог до апаратного забезпечення).

Аналіз наукових досліджень і публікацій. Ідея використання ігрової розробки як педагогічного інструменту, тривалий час розглядається у зарубіжних наукових працях, проте у вітчизняній шкільній практиці – вона залишається недостатньо розглянутою.

Так у 2006 році Річард Ван Ек виокремив різні підходи до використання ігор в навчанні, серед яких особливу увагу приділено залученню учнів до створення власних ігор. Такий підхід забезпечує більш глибоке засвоєння матеріалу, оскільки вимагає від учнів застосування системного мислення, декомпозиції складних задач, а також розвитку креативності та навичок розв'язання проблем, що є важливими для майбутніх фахівців у галузі програмування. Водночас він застерігав, що основною проблемою може стати недостатня обізнаність вчителя у сфері створення ігор, а також те, що на створення дійсно якісного продукту, знадобиться декілька років [2]. Зважаючи на це, навчальний проєкт не має ставити на меті великих цілей, а зосереджуватися на опануванні основ.

Однією з найдавніших згадок подібного підходу, можна вважати класичну працю Сеймура Пейперта "Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas" [3], датовану 1980-тим роком. Вже тоді автор звернув увагу, що у традиційній освіті комп'ютер часто "програмує дитину" (тести, вправи). Отже впровадження розробки ігор, дозволяє безсумнівно змінити цю ієрархію, роблячи

учня творцем. Також він зазначав, що під час навчання програмуванню, сам процес навчання трансформується. Він стає більш активним та самостійним, а самі знання набуваються з особистісно значущою метою. Хоча самі по собі абстрактні та складні теми пов'язані з програмуванням, можуть мати низьку мотивацію для учня, однак наявність особистої мети учня в створенні гри додає її.

Водночас на розробку ігор у вигляді факультативу, слід поглянути у форматі так званої контекстуалізації. Основні її ідеї навів Марк Гуздіал в своїй дослідницькій статті [4]. На його думку, контекст гри пояснить учням релевантність матеріалу – учні бачать, які та як саме знання допоможуть їм створити щось конкретне та цікаве. Як результат - учні матимуть більшу мотивацію повноцінно опанувати знання з теми, пов'язані з розробкою гри. Однак найголовніше, він наголошує на проблемах пов'язаних з контекстним навчанням. Так, в контексті розробки ігор, базуючись на його тезах, проблемою може стати те, що учні почнуть пов'язувати знання виключно в одному контексті, що викликати труднощі в інших сферах. Отже важливо, щоб учні під час розробки не звужували отримані знання виключно в контексті гри, що створюється. Також згадується так званий принцип когерентності – коли зайвий матеріал може заважати вивченню основної теми - для розуміння правил роботи рушія, механік гри, графіки, звуку потрібен час, який тоді не буде використаний безпосередньо на програмування.

Формулювання проблеми. Чинна програма з інформатики для 10-го класу (профільний рівень) передбачає формування компетентностей з ООП, подієво-орієнтованого програмування, структур даних, рекурсії та розробки програм із графічним інтерфейсом. Зазначені теми характеризуються високим рівнем абстрактності й складності та потребують систематичного практичного опрацювання для їх повноцінного засвоєння. У цьому контексті факультативні заняття та гурткова робота можуть виступати ефективним засобом поглиблення та конкретизації навчального матеріалу, зокрема через реалізацію прикладних проєктів. Водночас відсутність узгодженої методики, яка б поєднувала зміст факультативної діяльності з темами навчальної програми та забезпечувала поступове розкриття програмних концепцій через практичну діяльність, ускладнює реалізацію такого підходу. Отже, виникає потреба у розробці методично обґрунтованої моделі факультативного навчання.

```
func _on_area_2d_body_entered(body: Node2D) -> void:
    if body is Player:
        PlayerManager.total_life_count += 1
        SfxController.play_sfx("item_picked")
        self.queue_free()
```

Рис. 1 – Приклад коду на GDScript

Пропонований підхід. Пропонованим вирішенням є впровадження факультативу “Розробка 2D-гри у Godot Engine”. Очікується, що систематичні факультативні заняття з ігрової розробки, мають підвищити рівень практичного розуміння понять ООП і подійно-орієнтованого програмування, оскільки кожна ігрова механіка є конкретним і мотивуючим застосуванням теоретичного матеріалу уроку.

Архітектура Godot Engine є фактично наочною моделлю ООП у дії: кожен ігровий об'єкт (Node) є екземпляром класу, сигнали реалізують подієво-орієнтовану модель, масиви і словники мають природне ігрове застосування (інвентар, таблиця рекордів), а функціональна декомпозиція є органічною вимогою будь-якого проєкту. GDScript синтаксично близький до Python, що учні вивчають паралельно, відповідно підручнику за рекомендацією МОН.

Орієнтована структура факультативу може бути наступною:

Блок 1 (5 год.) – Знайомство з Godot і GDScript. Редактор, дерево сцен, перший вузол. Змінні, типи, функції. Паралель із Python. Перша міні-гра (рух персонажа).

Блок 2 (3 год.) – Клас і об'єкт на практиці. Розробка класів Player та Enemy, інкапсуляція стану, кілька екземплярів. Пряма паралель із матеріалом уроку.

Блок 3 (3 год.) – Подійно-орієнтована модель. Сигнали, обробники подій (колізія, таймер, кнопка).

Блок 4 (3 год.) – Структура даних у грі. Реалізація таблиці рекордів, збережень даних, словника налаштувань. Обговорення та усвідомлення застосування відповідних структур.

Блок 5 (4 год.) – Проєктна робота і захист. Учні самостійно додають власну механіку. Демонструють та пояснюють архітектурні рішення.

Кінцевий продукт кожного учня (або пари/групи) – функціонуючий прототип 2D-гри з щонайменше двома власними класами, системою сигналів, одним або декількома вивченими структурами даних і дотриманим принципом функціональної декомпозиції.

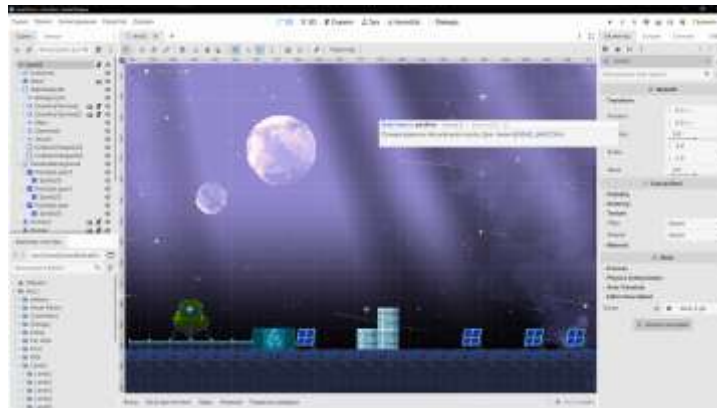


Рис 2 – Інтерфейс Godot Engine

Очікувані результати. Впровадження факультативу сприятиме підвищенню рівня сформованості предметних компетентностей учнів у галузі програмування, зокрема:

- покращення розуміння основних понять об'єктно-орієнтованого програмування (клас, об'єкт, інкапсуляція) через їх практичну реалізацію у власних проєктах;
- формування навичок подієво-орієнтованого програмування, зокрема роботи з обробниками подій та сигналами, переважно через створення користувацького інтерфейсу;
- підвищення здатності учнів застосовувати структури даних у прикладному контексті;
- розвиток навичок декомпозиції задач та проєктного мислення (в реалізації ігрових механік);
- зростання навчальної мотивації та залученості учнів до вивчення програмування.

Крім того, очікується, що учні, які беруть участь у факультативі, демонструватимуть вищий рівень усвідомленого застосування теоретичних знань на уроках інформатики, зокрема здатність наводити власні приклади програмних концепцій та аргументувати вибір рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kylie A., Yasmin B. What Videogame Making Can Teach Us About Literacy and Learning: Alternative Pathways into Participatory Culture. *DiGRA Conference*. 2007. Vol: Situated Play. URL: https://www.researchgate.net/publication/228986212_What_videogame_making_can_teach_us_about_literacy_and_learning_Alternative_pathways_into_participatory_culture
2. Richard E. Digital Game Based LEARNING It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless. *EDUCASE Review*. Vol: 41, no. 2. 2006. URL: https://www.researchgate.net/publication/242513283_Digital_Game_Based_LEARNING_It's_Not_Just_the_Digital_Natives_Who_Are_Restless
3. Seymour P. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. New York : Basic Books, Inc. 1980. P. 230. URL: https://worrydream.com/refs/Papert_1980_-_Mindstorms,_1st_ed.pdf
4. Guzdial M. Does contextualized computing education help? *ACM*. 2010. Vol. 1, no. 4. P. 4–6. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1869746.1869747>

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ІГОР СЕРВІСІВ WORDWALL ТА LEARNINGAPPS У ПРОЦЕСІ ОЗНАЙОМЛЕННЯ СТАРШИХ ДОШКІЛЬНИКІВ З ЕМОЦІЯМИ ЗАСОБАМИ ІНТЕРАКТИВНОЇ ДОШКИ

ЧЕРНОВА М.Є. (chernova.m@zpk.zp.ua)

КОНОНЕНКО К.Р. (karinakononenko123@gmail.com)

педагогічний фаховий коледж Комунального закладу вищої освіти

“Хортицька національна навчально-реабілітаційна академія” Запорізької обласної ради

Розглянуто актуальність використання інформаційно-комунікаційних технологій в освітньому процесі старших дошкільників як необхідного й ефективного інструменту, що відповідає їхній допитливості та потребі в інтерактивній взаємодії. Обґрунтовано, що впровадження технологій, пропонуючи яскраве візуальне наповнення та ігровий формат, мають вагомий позитивний вплив на емоційно-вольовий розвиток дітей та дозволяють ефективно розвивати довільну увагу, мислення та емоційний інтелект. На практиці розроблено серію інтерактивних дидактичних ігор, присвячених темі «Емоції». Зокрема, було виявлено сприятливий вплив інтерактивних завдань на соціальну адаптацію, оскільки вони допомагають дітям легко розпізнавати базові почуття та краще усвідомлювати власні емоції та почуття оточуючих (компонент емпатії).

Постановка проблеми. В епоху стрімкого розвитку цифрових технологій використання інформаційно-комунікаційних технологій (далі – ІКТ) у процесі навчання та виховання дітей старшого дошкільного віку є сьогодні не лише актуальним, а й необхідним та ефективним інструментом. З огляду на допитливість сучасних дошкільнят та їхню тягу до інтерактивної взаємодії з гаджетами, традиційні форми занять уже не завжди здатні утримати їхню увагу. Саме ІКТ, пропонуючи яскраве візуальне наповнення та ігровий формат, дозволяють ефективно розвивати довільну увагу, мислення та емоційний інтелект вихованців закладу дошкільної освіти, забезпечуючи якісну підготовку до наступного етапу навчання, мають вагомий позитивний вплив на емоційно-вольовий розвиток дітей старшого дошкільного віку. Попри визнану важливість розвитку емоційної компетентності як основи соціальної адаптації та готовності до школи, а також доведену ефективність ІКТ у підвищенні мотивації та якості навчання, у педагогічній практиці дошкільних закладів досі недостатньо розроблені та систематизовані методичні рекомендації щодо застосування сучасних інтерактивних онлайн-сервісів (Wordwall, LearningApps) у поєднанні з інтерактивною дошкою для цілеспрямованого ознайомлення старших дошкільників зі світом емоцій, що і зумовлює необхідність даного дослідження.

Перелік розв'язаних завдань. На основі проведеного дослідження були послідовно вирішені наступні завдання: визначено позитивний вплив ІКТ, зокрема їхнього візуального та ігрового формату, на розвиток довільної уваги, мислення, емоційного інтелекту та емоційно-вольовий розвиток дітей старшого дошкільного віку; проаналізовано методичний потенціал та функціональні можливості онлайн-сервісів Wordwall та LearningApps для створення інтерактивних дидактичних ігор; розроблено серію інтерактивних дидактичних ігор («Впізнай емоцію», «Знайди пару», «Колесо емоцій») на платформах Wordwall та LearningApps, спрямованих на розвиток навичок емоційної ідентифікації, встановлення відповідності між ситуацією та емоцією, а також рефлексії; доведено, що інтеграція ІКТ та інтерактивної дошки забезпечує особистісно-орієнтований підхід, стимулює суб'єктну активність дітей та є фундаментальною для розвитку їхньої емоційної компетентності, саморегуляції та емпатії.

Виклад суті дослідження. ІКТ – це сукупність технологічних інструментів та ресурсів, які використовуються для процесу комунікації, створення, обробки, передачі, зберігання й ефективного використання інформації [3].

Особливо корисною у процесі інтеграції ІКТ у заклад дошкільної освіти виявляється інтерактивна дошка, яка не лише демонструє матеріал, а й залучає дітей до активної участі. Діти охоче виконують завдання: здійснюють маніпуляції з об'єктами, грають в дидактичні ігри,

переглядають відеоматеріали. Такий підхід не лише розважає, а й сприяє кращому розумінню та закріпленню матеріалу через візуалізацію і навчання у формі гри.

Крім того, ІКТ мають сприятливий вплив і на розвиток емоційного інтелекту дітей. Наприклад, під час заняття на тему «Емоції», інтерактивні завдання стають потужним інструментом для подальшої соціальної адаптації здобувачів освіти. Ігровий формат дає змогу малюкам не лише легко розпізнавати базові почуття за мімікою та жестами (компонент самоусвідомлення), а й краще усвідомлювати власні емоції та почуття навколишнього соціуму (компонент емпатії). Такий підхід допомагає дітям швидше запам'ятовувати назви емоцій та, що особливо важливо для старшого дошкільного віку, формувати навички адаптивної поведінки та саморегуляції у різних життєвих ситуаціях [3]. Це закладає основи соціальної компетентності та готовності до подальшого навчання у початковій школі.

Низка сучасних сервісів значно спрощує створення інтерактивних завдань. Наприклад, за допомогою Wordwall можна швидко створювати вікторини, «колесо фортуни», класифікаційні вправи чи завдання на встановлення відповідності. Завдяки широкій варіації шаблонів можна адаптувати гру під будь-яку тему, візуально оформивши її відповідними зображеннями, підібраними вихователем за санітарними вимогами МОН [4].

Зокрема, Санітарний регламент для дошкільних закладів освіти висуває чіткі вимоги, що обмежують час безперервної роботи з технічними засобами навчання для дітей старшого дошкільного віку до 10 хвилин на день [1]. Крім того, дидактичний матеріал повинен відповідати гігієнічним нормам візуалізації: використовувати чіткі, контрастні зображення, великий шрифт, а також виключати агресивні та надмірно динамічні анімації, що можуть викликати зорове напруження чи перезбудження нервової системи.

Схожий за функціоналом інструмент, LearningApps, дає можливість створювати пазли, вправи на зіставлення, сортування чи вікторини, які так само легко адаптуються під зазначені гігієнічні та дидактичні норми. Простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс забезпечує легкість у використанні, а наявність великої кількості готових шаблонів значно економить час педагога [2].

Обидва сервіси – Wordwall та LearningApps – особливо зручні у поєднанні з інтерактивною дошкою, адже діти можуть виконувати завдання самостійно, безпосередньо дотиком. Миттєва перевірка результатів, яку забезпечує функціонал сервісів, стимулює подальшу активність і сприяє формуванню самооцінки та самоконтролю у дошкільників.

Інтерактивні дидактичні ігри, розроблені на базі платформ Wordwall та LearningApps, демонструють високий методичний потенціал для інтеграції в освітній процес із застосуванням інтерактивної дошки. Використовуючи спеціалізовані функції сервісів, такі як «Поділитися» й «На весь екран», педагог може оперативнo транслювати ігровий контент на інтерактивну дошку через браузер. Завдяки цьому, вихованці отримують можливість тактильно взаємодіяти із завданням, здійснювати маніпуляції з об'єктами (натискання, перетягування елементів) та обирати правильні відповіді. Даний інтерактивний формат роботи сприяє активізації пізнавальної діяльності, підвищенню мотиваційного компонента заняття та забезпеченню особистісно-орієнтованого підходу, де кожен учасник відчуває себе залученим до процесу.

До того ж чимало інтерактивних вправ пропонують автоматизовану систему оцінювання результатів, що забезпечує можливість миттєвого визначення коректності виконання завдання. Це зручно як для вихователя, так і для вихованців, оскільки вони отримують оперативний зворотний зв'язок. Крім цього, наявність функції повторного проходження гри, сприяє глибинній інтеріоризації знань та їх міцному закріпленню. Поєднання цифрових сервісів з інтерактивною дошкою стимулює суб'єктну активність дітей, формує їхню самостійність і значно підвищує когнітивну ефективність навчального процесу.

На практиці ми розробили серію інтерактивних дидактичних ігор, присвячених темі «Емоції». Зокрема, гра «Впізнай емоцію» (посилання: <https://learningapps.org/display?v=pdvhgflh226>) спрямована на розвиток навичок емоційної ідентифікації за мімічними виразами обличчя. Завдання «Знайди пару» (посилання: <https://learningapps.org/display?v=pkqsbjx4326>) передбачає встановлення коректної відповідності між певною соціальною ситуацією та релевантною емоційною реакцією (наприклад, подарунок як тригер радості, втрата іграшки як тригер суму). У грі «Колесо емоцій» (посилання: <https://wordwall.net/uk/>

resource/107371007) здійснюють вибір емоції та діляться життєвими ситуаціями, в яких вони її переживали, що сприяє розвитку рефлексії.

Висновки. В результаті проведеного дослідження обґрунтовано, що використання ІКТ є не лише актуальним, а й фундаментально необхідним інструментом у навчально-виховному процесі старших дошкільників. Завдяки яскравому візуальному та ігровому формату, ІКТ мають позитивний вплив на емоційно-вольовий розвиток дітей й розвивають довільну увагу, мислення та емоційний інтелект. Зокрема, було підтверджено, що інтерактивні завдання на тему «Емоції» стають потужним інструментом соціальної адаптації, допомагаючи малюкам легко розпізнавати базові почуття за мімікою (самоусвідомлення) та краще усвідомлювати емоції оточуючих (емпатія). Такий підхід сприяє формуванню навичок адаптивної поведінки та саморегуляції, що є основою соціальної компетентності та готовності до навчання у початковій школі. Проаналізований методичний потенціал онлайн-сервісів Wordwall та LearningApps довів їхню ефективність у створенні інтерактивних дидактичних ігор, які легко адаптуються під санітарні вимоги МОН щодо часу роботи (обмеження до 10 хвилин) та гігієнічних норм візуалізації. Завдяки цим сервісам та інтерактивній дошці було розроблено серію ігор («Впізнай емоцію», «Знайди пару», «Колесо емоцій»), які забезпечують тактильну взаємодію, миттєвий зворотний зв'язок і стимулюють суб'єктну активність дітей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ МОЗ України від 24.03.2016 р. № 234 «Про затвердження Санітарного регламенту для дошкільних навчальних закладів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0563-16#Text> (дата звернення: 09.03.2026).
2. Таран І. Б. Застосування LearningApps.org майбутніми вихователями для створення інтерактивних вправ. Збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених "Наукова молодь-2014", м. Київ, 11 груд. 2014 р. Київ : ІТЗН НАПН України, 2014. С. 121–125. URL: https://repository.mu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1277/1/zastosuvannia_learningapps.pdf (дата звернення: 21.02.2026).
3. Федчишина Т. Л. Педагогічні умови використання ІКТ у фаховій підготовці вихователя дошкільного навчального закладу. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. 2017. Вип. 48. С. 12–15. URL: <https://dspace.vspu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8c352def-2e94-4c33-86a2-47bae63f9a8c/content> (дата звернення: 23.02.2026).
4. Юр'єва К. А. Онлайн інструменти в процесі професійної підготовки майбутніх вихователів до народознавчої роботи у закладі дошкільної освіти. Психолого-педагогічні проблеми вищої і середньої освіти в умовах сучасних викликів: теорія і практика : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. у 2 т., (м. Харків, 31 берез. – 2 квіт. 2021 р.) / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. Харків: Стиль-Издат, 2021. Т. 2. С. 248–251. URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e07f1ff1-fe9a-4001-98b8-ad0ada45c5b2/content> (дата звернення: 01.03.2026).

Розділ 2.

Медіапростір (кіберспорт, стрімінг, соціальні мережі і гейміфікація)

УДК 004.738

MASS MEDIA AS AN INSTRUMENT OF INTELLIGENCE PROPAGANDA: THEORETICAL FRAMEWORKS AND CONTEMPORARY CHALLENGES

ANA JIKIA (ana.jikia@ciu.edu.ge)

Caucasus International University, Akaki Tsereteli State University, Georgia

Abstract.

Mass media constitutes one of the most significant components of modern communication, influencing billions of people on a daily basis. Beyond its informational and entertainment functions, it has become a key element of state structure - actively employed by intelligence services and both state and non-state actors to construct desired narratives, disinform adversaries, and mobilize public support. This paper, drawn from the author's doctoral research, examines mass media as an instrument of intelligence propaganda. It presents definitional frameworks of intelligence propaganda, analyzes the role of media as an open-source intelligence (OSINT) resource, traces the historical evolution of media-based influence operations from World War II through the Cold War to the digital era, and integrates theoretical perspectives from Nye, Herman and Chomsky, and Neumann. The paper concludes with recommendations for coordinated legal, operational, and scientific counter-propaganda strategies.

Keywords: intelligence propaganda, mass media, OSINT, soft power, information warfare

1. Introduction

Mass media represents a critical component of contemporary communication, exerting daily influence over billions of people worldwide. Beyond its informational and entertainment functions, it has become an essential element of state architecture - actively employed by intelligence services and both state and non-state actors to shape desired narratives, disinform adversaries, secure public support on sensitive issues, and accomplish a range of strategic objectives (Jowett & O'Donnell, 2019). The formation of favorable public opinion on the international stage is one of the most important factors in the implementation of state policy, achievable through a state's own resources or through strategic partner states, with international media outlets serving as the primary target objects. Intelligence propaganda is the principal method employed to achieve this goal (Ellul, 1965).

2. Defining Intelligence Propaganda

Several complementary definitions of propaganda exist in the academic literature. It has been described as a form of information transmission aimed at the coordinated use of communication channels to influence human thinking, emotional states, and behavior (Bernays, 1928). It has also been characterized as the dissemination and explanation of views, doctrines, and knowledge among the population (Ellul, 1965), and more broadly as one of the fundamental instruments of politics, aimed at creating and consolidating public opinion favorable to the propagandist (Jowett & O'Donnell, 2019).

Intelligence propaganda, more specifically, can be defined as a form of deliberate informational influence employed by state or non-state actors in pursuit of concrete political, strategic, or operational objectives - including the manipulation of public opinion and the spread of disinformation intended to destabilize target societies (Rid, 2020). The methods employed in intelligence propaganda share a defining characteristic: they are calibrated to the values and beliefs of the target audience, making propaganda simultaneously an instrument of psychological warfare, strategic influence, and information control at both domestic and international levels (Shulsky & Schmitt, 2002).

Under Georgian legislation, intelligence activity encompasses the collection and analysis of information directed at identifying the actions, plans, and capabilities of foreign states, organizations, or

individuals that may threaten a country's vital interests, including through foreign counter-intelligence measures. It is defined as a process of covert information gathering and coordinated execution of operational tasks under conditions of high confidentiality, with the primary aim of identifying, assessing, and neutralizing potential threats (Law of Georgia on Intelligence Activities, 2010).

3. Mass Media as an OSINT Resource

Media outlets constitute an indispensable resource for intelligence services in the conduct of Open Source Intelligence (OSINT). As Lowenthal (2019) notes, information obtained from open sources - including mass media - represents one of the most significant components of modern intelligence analysis, enabling services to monitor political developments across the globe. On this basis, threats directed against the state can be identified, risks assessed, and appropriate countermeasures implemented. Shulsky and Schmitt (2002) similarly emphasize that intelligence services increasingly rely on open sources because these frequently contain information equivalent to or superior to that obtained through covert channels.

Accordingly, every intelligence service possesses capabilities both for the large-scale dissemination of information to mobilize public opinion in accordance with national interests, and for exerting appropriate influence over media outlets that advance adversarial foreign interests. The internet, given its conditioning of the speed and scale of information dissemination to target audiences, has added a qualitatively new and particularly potent dimension to these capabilities, and can be considered one of the most powerful intelligence instruments available to interested states (Rid, 2020).

4. Historical Precedents: From Radio to Social Media

Radio became the dominant medium of propaganda during World War II. Nazi Germany's Minister of Propaganda Joseph Goebbels effectively weaponized broadcasting to disseminate antisemitic rhetoric and consolidate the Hitler regime, while radio was simultaneously employed to demoralize enemy governments, populations, and armed forces (Taylor, 2003). The Cold War represents the defining era for the strategic use of mass media in intelligence operations: CIA-funded Radio Free Europe (RFE) and Radio Liberty (RL) played a decisive role in disseminating anti-communist narratives across Eastern Europe, while Soviet outlets - Pravda, Izvestiya, Moscow Radio, and state television channels - projected an idealized image of socialism to both domestic and international audiences (Osgood, 2006).

In the twenty-first century, the development of digital media - including online news outlets, social networks, and streaming platforms - has substantially enlarged the role of mass media as an intelligence-propaganda instrument. Social media played a decisive role in the Arab Spring, contributing to the rapid spread of information, expansion of protest movements, political destabilization, and the fall of incumbent governments (Howard & Hussain, 2013). The media space functioned simultaneously as a battlefield and a weapon, exploited by state and non-state actors alike to control public opinion and shape political reality. One of the principal elements of successful psychological operations is the construction of a desired narrative repeatedly amplified across multiple platforms - one that emphasizes one side's moral superiority while portraying the adversary as dangerous or illegitimate - a method characteristic of conflicts from Vietnam to the contemporary Middle East (Rid, 2020).

5. Theoretical Perspectives

Joseph Nye's Soft Power concept addresses the role of mass media in shaping a country's image and projecting influence in international relations. Nye (2004) argues that media functions as a strategic instrument affecting both international and domestic publics. His Smart Power concept - integrating soft and hard power - is particularly relevant to intelligence propaganda, which combines overt media narratives with covert operational support (Nye, 2011). States employing this integrated approach use media's capabilities for information control and effective communication at both international and domestic levels.

Herman and Chomsky's (1988) propaganda model demonstrates that media is structurally susceptible to manipulation by powerful state and non-state actors, frequently serving the interests of influential political and economic groups through structural bias - a vulnerability that intelligence actors can exploit without requiring direct editorial control. Neumann (2013) further illustrates that non-state actors such as Al-Qaeda actively use media channels to disseminate propaganda, recruit members, and achieve political objectives, often in alignment with the intelligence narratives of specific states; state actors equally employ media as a tool of psychological warfare against such groups. Propaganda activity conducted through mass media is particularly significant within the framework of psychological

operations aimed at inspiring or expanding conflicts between and within states, and against international organizations (Jowett & O'Donnell, 2019).

6. Conclusions and Counter-Propaganda Recommendations

Mass media can function as an instrument of intelligence propaganda whenever a state's objective is to exert targeted influence over public opinion on the international stage in pursuit of a specific strategy. Countering the harmful activities of media operating under foreign intelligence influence requires a multi-layered response. Alongside the development and enforcement of robust legal instruments, the coordinated agent-operational activities of target states' intelligence and counter-intelligence services are essential. Critically, the scientific and academic potential of the state must also be engaged in the planning of counter-propaganda measures (Jowett & O'Donnell, 2019).

Such structural hierarchy - integrating legal, operational, and academic expertise - represents the most important guarantee for providing decision-makers with timely, reliable, and comprehensive information. This integrated approach constitutes the most effective foundation for protecting national information environments in an era of accelerating information warfare, where media serves simultaneously as a battlefield, a weapon, and a primary instrument of strategic influence (Rid, 2020).

REFERENCES

1. Bernays, E. L. (1928). *Propaganda*. Horace Liveright.
2. Ellul, J. (1965). *Propaganda: The formation of men's attitudes*. Knopf.
3. Herman, E. S., & Chomsky, N. (1988). *Manufacturing consent: The political economy of the mass media*. Pantheon Books.
4. Howard, P. N., & Hussain, M. M. (2013). *Democracy's fourth wave? Digital media and the Arab Spring*. Oxford University Press.
5. Jowett, G. S., & O'Donnell, V. (2019). *Propaganda and persuasion* (7th ed.). SAGE Publications.
6. Law of Georgia on Intelligence Activities. (2010). Parliament of Georgia.
7. Lowenthal, M. M. (2019). *Intelligence: From secrets to policy* (8th ed.). CQ Press.
8. Neumann, P. R. (2013). The trouble with radicalization. *International Affairs*, 89(4), 873–893.
9. Nye, J. S. (2004). *Soft power: The means to success in world politics*. PublicAffairs.
10. Nye, J. S. (2011). *The future of power*. PublicAffairs.
11. Osgood, K. (2006). *Total cold war: Eisenhower's secret propaganda battle at home and abroad*. University Press of Kansas.
12. Rid, T. (2020). *Active measures: The secret history of disinformation and political warfare*. Farrar, Straus and Giroux.
13. Shulsky, A. N., & Schmitt, G. J. (2002). *Silent warfare: Understanding the world of intelligence* (3rd ed.). Brassey's.
14. Taylor, P. M. (2003). *Munitions of the mind: A history of propaganda from the ancient world to the present day* (3rd ed.). Manchester University Press.

UDC: 159.9

THE EVOLUTION OF VIDEO GAMES: DIGITAL ART AND SOCIAL CONNECTION IN YOUTH CULTURE

MORGUN A.R. (avroramorgun127@gmail.com)

BEZNIS P.M. (polina11000@gmail.com)

Odessa National Technological University

Introduction

In recent times, video games have become an essential element of young people's lives, evolving from a simple pastime into a major cultural force. Progress in technology has enabled the creation of engaging digital realms that attract millions of players worldwide. Video games are not solely a source of amusement, but also a medium for self-articulation, connection and even professional growth.

Storytelling and Genre

A primary factor behind the massive appeal of video games is their incredible variety. There are numerous styles to suit a broad array of interests, each offering a unique way to experience a story:

1. Role-playing adventures (RPGs): Titles like *Genshin Impact* present expansive settings and deep character portrayal options, allowing players to fully immerse themselves in beautifully crafted fictional worlds.

2. Action and adventure games: Projects such as *Honkai Impact 3rd* deliver fast-paced conflicts and gripping narratives that keep players constantly engaged.

3. Strategic games: Titles like *Honkai: Star Rail* mix thoughtful planning with RPG elements, rewarding players for their tactical thinking.

4. Narrative-driven suspense: Games such as *Omori* explore subjects of personal realization, proving that even stylized pixel-art games can deliver profound emotional experiences.

5. Alice: Madness Returns - Interactive Art

One of my favorite games, which combine elements of psychological suspense and adventure, is *Alice: Madness Returns*. Based on "Alice in Wonderland," this game creates a dark and whimsical world while exploring themes of suffering and self-discovery. With its unique visual aesthetic and compelling storyline, it serves as a wonderful example of how interactive entertainment can tackle profound psychological themes. The contrast between the beautiful, imaginative art style and the heavy themes it explores leaves a lasting impression on the player and demonstrates the true potential of games as a form of interactive art.

Creativity and Socialization

Beyond the screen, the visual richness of these games fosters the growth of vibrant creative communities. Many participants are inspired to create fan art, hone their digital drawing skills, and even take on commissions for illustrations, turning their passion for gaming into a springboard for a career in digital illustration. Another key factor is accessibility. Young people can play on their computers, consoles, and portable devices anywhere. Moreover, multiplayer modes and online forums foster dialogue and community building. Group challenges, similar to those found in competitive team games, require quick reactions and constant communication, demonstrating that cooperative games develop real-world collaboration and leadership skills.

Advantages and Disadvantages

It is important to note that video games also have a positive impact on cognitive and social skills. Research shows that games help develop:

1. Reaction speed and logical thinking: since players must quickly adapt to rapidly changing situations in the game.

2. Spatial perception and responsiveness: which are actively trained during dynamic action scenes.

3. Teamwork and problem-solving skills: especially during complex team missions.

4. Nevertheless, despite these noteworthy benefits, certain issues are associated with gaming:

5. Compulsive gaming: this can negatively impact academic performance, social engagement, and physical health if not properly managed.

6. Exposure to aggression: some games contain competitive content that can affect players' emotional well-being, so it is important to choose age-appropriate games.

7. Lifestyle balance: Striking a balance between video games and real life is vital to prevent excessive immersion in gaming and ensure that gaming remains a positive hobby.

Conclusion

To summarize, despite possible hazards, the general effect of video games on young individuals remains highly favorable. They promote the development of ingenuity, help participants step away from daily pressures, and cultivate a feeling of belonging within the worldwide gaming community. Most significantly, a mindful attitude toward gaming ensures that participants can extract maximum enjoyment and pleasure from this modern medium. Ultimately, gaming is no longer just about staring at a screen - it is about connecting with others, exploring interactive art, and discovering new ways to express oneself.

REFERENCES

1. Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. C. M. E. (2014). The benefits of playing video games. *American Psychologist*, 69(1), 66–78.
2. Bediou, B., Adams, D. M., Mayer, R. E., Tipton, E., Green, C. S., & Bavelier, D. (2018). Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*, 144(1), 77–110.

3. Anderson, C. A., & Dill, K. E. (2000). Video games and aggressive thoughts, feelings, and behavior in the laboratory and in life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(4), 772–790.
4. Przybylski, A. K., Weinstein, N., & Murayama, K. (2017). Internet gaming disorder: Investigating the clinical relevance of a new phenomenon. *American Journal of Psychiatry*, 174(3), 230–236.

УДК 004.738.5

ТЕХНІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МУЛЬТИМЕДІА В МЕСЕНДЖЕРІ TELEGRAM ЧЕРЕЗ ПРОТОКОЛ MTProto

ВАСИЛЕНКО Н. С., ТКАЧЕНКО О. М.

(nazarvasilenko1234@tutanota.com, alextk1960@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Підкреслено роль мультимедіа в соціальних мережах та месенджерах, описано структуру протоколу MTProto, зазначено про перебування мультимедіа в конструкторі message як поля з типом MessageMedia, наведені кроки надсилення через MTProto мультимедіа в чат, як одного, так і групового, розказано і про завантаження мультимедіа.

Обмін мультимедіа є, безперечно, однією з ключових функцій будь-якої соціальної мережі або месенджера. Telegram, будучи одним з найпопулярніших месенджерів в Україні, теж має такий функціонал, яким щодня користуються маси користувачів. Тому заслуговує уваги технічна імплементація обміну мультимедіа в цьому месенджері.

Telegram має сприятливу політику щодо створення користувачами неофіційних клієнтів, і надає можливість реалізації всіх своїх функцій, у тому числі й обміну мультимедіа. Загалом, обмін будь-якої інформації між клієнтом та сервером у месенджері відбувається через протокол MTProto [1]. Будь-який пакет, вхідний чи вихідний, має слідувати цьому протоколу, тобто, мати чітку структуру: починатися з хедера, що складається з інформації, по типу, від якої сесії цей пакет (session_id), криптографічна сіль (server_salt), ідентифікатор пакету (message_id), порядковий номер (seq_no), його розмір (message_data_length); далі йде ідентифікатор конструктора (типу даних, які пересилає пакет); після чого вже містяться самі дані конструктора, а на завершення від 12 до 1024 випадково згенерованих байтів для підвищеної безпеки. Це все ще шифрується алгоритмом AES IGE.

У більшості випадків мультимедіа в Telegram є частиною повідомлень. Одне повідомлення – це конструктор message [2], в якому є можливе поле media, яке і може містити якесь мультимедіа. Це поле не є векторного типу, тому в кожному повідомленні може бути лише одне мультимедіа з технічної точки зору. Якщо з виду повідомлення містить групу мультимедіа, то насправді це група окремих повідомлень, з яких вже клієнт ліпить суцільне повідомлення для представлення на екран. Наявність поля grouped_id в конструкторі message свідчить про те, що повідомлення є частиною такої групи.

Що таке поле media? Це поле відноситься до типу MessageMedia [3], який може набувати форми одного з багатьох конструкторів, залежно від того, що саме за медіа знаходиться в повідомленні. Це може бути локація (messageMediaGeo), контакт (messageMediaContact), історія (messageMediaStory) і т.д. Звичні ж мультимедіа можуть знаходитися в одному з наступних конструкторів: messageMediaPhoto або messageMediaDocument. Фактично, або фото, або будь-що інше. messageMediaDocument може містити відео, аудіо, стікер, файл. Щоб дізнатися, що це саме, необхідно проаналізувати атрибути в полі attributes конструктора document, що міститься в messageMediaDocument як поле document. Якщо немає атрибутів відео або аудіо, то скоріше за все це файл, в тому числі це може бути зображення, надіслане без стиснення.

Як відправити в чат якесь мультимедіа через MTProto? Є два варіанти: відправка або одного медіа, або кількох у групі. У будь-якому з випадків потрібно завантажити файл на сервер методом upload.saveFilePart (10 МБ або менше) або upload.saveBigFilePart (більше 10 МБ). Далі, якщо медіа одне, то все просто: необхідно використати метод messages.sendMedia. Він є дуже схожим до метода messages.sendMessage, який відправляє прості повідомлення, з відмінністю, що messages.sendMedia ще має поле media типу InputMedia, яке треба заповнити відповідно до того,

яке медіа надсилається. Якщо ж є кілька медіа, то спочатку кожне з них потрібно асоціювати з чатом методом `messages.uploadMedia`, а вже потім методом `messages.sendMultiMedia` всіх їх надіслати у групі.

Завантаження доволі просте: знаючи інформацію про медіа, представлену в типі `MessageMedia`, можна надсилати на сервер метод `upload.getFile`. Файли можна завантажувати лише частинами розміром в максимум 1 МБ. Повторно надсилаючи цей метод достатню кількість разів, можна завантажити ціле медіа.

Отже, обмін мультимедіа в месенджері Telegram проходить через захищений протокол MTProto, в повідомленнях можливі будь-які види мультимедіа під типом `MessageMedia`, групові медіа насправді є окремими повідомленнями і їхнє надсилання є особливим, завантаження відбувається частинами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mobile Protocol: Detailed Description [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://core.telegram.org/mtproto/description>
2. Constructor message [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://core.telegram.org/constructor/message>
3. Type MessageMedia [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://core.telegram.org/type/MessageMedia>

УДК 004.85:794.8

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КІБЕРСПОРТИВНИХ КОМАНД НА ПРИКЛАДІ DOTA 2

ПАВЛИШИН І. П., ЛЕВУС Є. В. (ivannapavl28@gmail.com),
Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій,
Національний університет «Львівська політехніка»

Аналітична інфраструктура традиційних видів спорту є значно розвиненішою, ніж кіберспорту, попри його стрімку популярність. Більшість наявних платформ мають застарілий, незручний інтерфейс, платну глибоку аналітику або високий поріг входу до платформи, з відсутнім або обмеженим доступом до прогнозування. У роботі описано розробку інформаційної системи «Dota 2 Analytics» для накопичення, аналізу та прогнозування ефективності кіберспортивних команд у дисципліні Dota 2. Систему реалізовано за триланковою клієнт-серверною архітектурою: серверна частина – ASP.NET, клієнтська – Next.js, база даних – реляційна СУБД PostgreSQL. Розроблено ETL-модуль синхронізації з OpenDota API та модуль машинного навчання на основі алгоритму Random Forest. Результати тестування моделі на реальних даних професійних матчів підтвердили її адекватність та відповідність теоретичним межам прогнозування для дисциплін із рівноцінними суперниками, що створює надійне підґрунтя для подальшої оптимізації ознак моделі.

Вступ. Кіберспорт є одним із найбільш стрімко зростаючих сегментів індустрії розваг за рівнем розвитку та капіталізації. Станом на 2026 рік кількість глядачів кіберспортивних трансляцій сягнула 640 млн осіб порівняно з 435 млн у 2020 році, що свідчить про значний приплив зацікавленої аудиторії, а світовий ринок оцінюється майже у 3 млрд доларів США [1]. Попри значний масштаб галузі, аналітична інфраструктура кіберспорту все одно залишається суттєво менш розвиненою, ніж у традиційному спорті. Найпопулярніші наявні платформи – Dotabuff [2] та STRATZ [3] – мають певні обмеження: Dotabuff надає доступ до глибинної аналітики лише на платній основі, а STRATZ має складну структуру представлення даних, що ускладнює розуміння концепції гри для новачків. Окрім того, переважна більшість сервісів не дає змоги користувачу гнучко налаштовувати параметри моделі прогнозування результатів матчів. Таким чином, постановкою проблеми є відсутність інформаційної системи, яка автоматизує збір кіберспортивних даних, забезпечує глибинну аналітику, зручний і простий інтерфейс та прогнозування результатів матчів засобами машинного навчання.

Перелік вирішених завдань. У ході дослідження вирішено такі завдання: спроектовано реляційну базу даних із 13 таблицями, нормалізованими за першими трьома нормальними формами, для зберігання даних про матчі, команди, гравців, турніри та героїв; розроблено ETL-модуль автоматизованої синхронізації у ручному та фоновому режимах з OpenDota API [4]; реалізовано серверну частину на ASP.NET Core / C# з REST API, як взаємодією між клієнтом та сервером та передачею у реальному часі прогресу операцій через SignalR [5]; розроблено клієнтську частину на Next.js / TypeScript з інтерактивними дашбордами для аналізу матчів, турнірів, команд і гравців; реалізовано модуль машинного навчання на Python з алгоритмом RandomForestClassifier для прогнозування результатів матчів із можливістю налаштування параметрів навчання: вибору ознак та кількості дерев, і порівнянням збережених варіантів моделі для вибору найкращого; забезпечено розмежування доступу для трьох ролей – адміністратор, гравець та глядач – через JWT-токенів.

Суть проєкту. Архітектурна модель системи базується на модульній компонентній структурі, що забезпечує чітке розділення зон відповідальності між клієнтською частиною, серверною логікою та модулем машинного навчання (рис. 1).

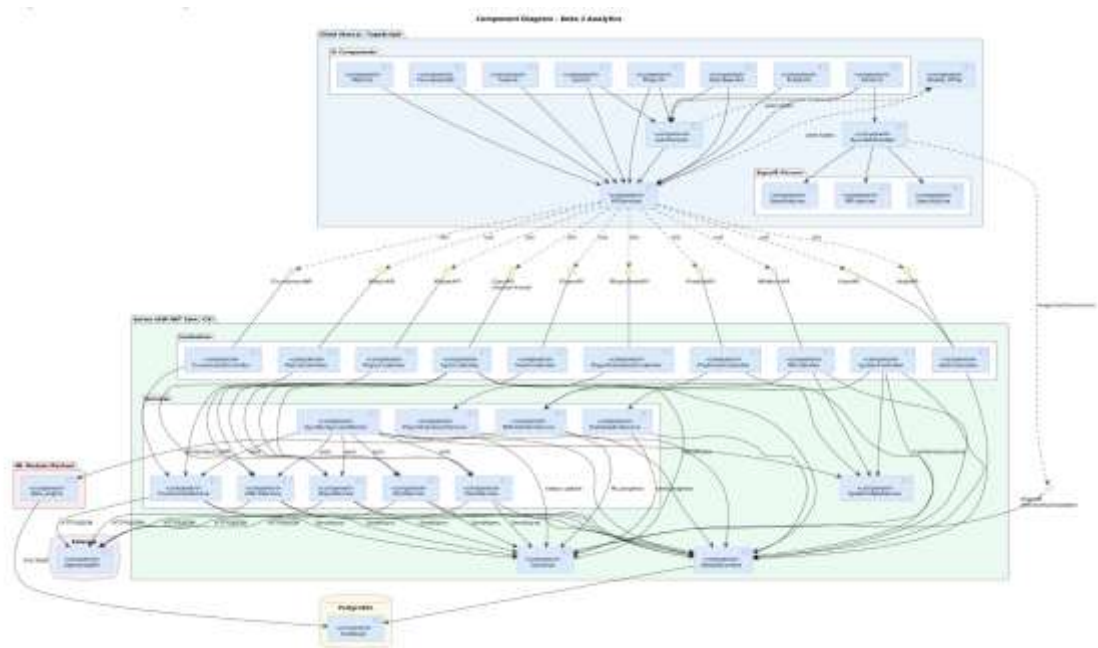


Рис. 1 – Компонентна діаграма інформаційної системи «Dota 2 Analytics»

Систему реалізовано за триланковою клієнт-серверною архітектурою: клієнтська частина на Next.js / TypeScript, серверна на ASP.NET Core / C# та база даних PostgreSQL. На відміну від наявних рішень, де користувач повинен використовувати кілька платформ для отримання всієї картини, система «Dota 2 Analytics» централізує всі дані та подає їх у зручному вигляді через єдиний інтерфейс.

Ядром системи є ETL-конвеєр, що здійснює складне опрацювання даних із OpenDota API – платформи, яка парсить реплі матчів безпосередньо з ігрових серверів Valve. ETL-алгоритм забезпечує глибоку трансформацію сирих JSON-даних: прецизійну конвертацію Unix Timestamp, автоматичну ідентифікацію фракції гравця на основі аналізу player_slot та динамічний мапінг зовнішніх ідентифікаторів у внутрішні ключі бази. Найпотужнішим компонентом системи є автономний BackgroundService, що реалізує інтелектуальний багаторівневий розклад оновлень (від 30 хвилин для матчів до 12 годин для гравців), підтримуючи актуальність даних без втручання адміністратора. Архітектура опрацювання базується на принципі атомарності: кожен матч зберігається в межах окремої транзакції з ізольованим механізмом обробки винятків, що гарантує абсолютну цілісність даних та стійкість системи до мережевих збоїв чи нестабільності зовнішнього API.

Ключовою перевагою перед аналогами є модуль прогнозування. Він використовує RandomForestClassifier [6], навчений на диференційних ознаках: різницях між показниками двох команд (gpm_diff, kills_diff, win_rate_diff, recent form_diff та інших). Ознака recent_form обчислюється через SQL-віконну функцію по останніх 10 матчах команди, що відображає поточну

форму, а не лише загальну статистику. Користувач обирає дві команди – і за короткий період часу отримує прогноз із анімованою візуалізацією ймовірностей перемоги кожної сторони.

Для гравців, чії облікові записи прив'язані до реальних профілів у базі, доступний персональний кабінет із радар-діаграмою ігрового профілю за шістьма осями (Farming, Fighting, Supporting, Pushing, Surviving, Vision) та персональними рекомендаціями щодо слабких місць. Нормалізацію показників виконує функція PERCENT_RANK() PostgreSQL відносно всіх гравців бази – гравець бачить не просто числа, а своє місце серед усіх профі.

Висновки. Розроблена система «Dota 2 Analytics» поєднує автоматизований збір даних та ML-прогнозування в єдиній масштабованій платформі. Модель, навчена на 2664 матчах виключно на основі пре-матч статистики, досягла Accuracy 58,2%, Precision 60,3% та F1-Score 61,2%. Отриманий результат відповідає показникам аналогічних академічних досліджень: зокрема, робота Yang et al. [7] на датасеті з понад 78 000 матчів Dota 2 зафіксувала базову пре-матч точність 58,69% при використанні виключно історичних даних гравців. Точність суттєво обмежена відсутністю даних про вибір героїв (draft), які є основним предиктором результату в Dota 2, а також факторами, що не відображаються в числових метриках: тактичними рішеннями під час гри та психологічним станом команди. Перспективою подальшого розвитку є включення draft-даних як ознак моделі – за свідченням наявних досліджень, це дозволяє підвищити точність пре-матч прогнозування до 65–71%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] «Від Twitch до Олімпійського вектора: як змінюється кіберспорт,» UA.NEWS, січ. 2026. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua.news/ua/kibersport/vid-twitch-do-olimpiiskogo-vektora-iak-zminiuietsia-kibersport>. [Дата звернення: 20 квіт. 2026].
- [2] Dotabuff, «Dota 2 Statistics,» 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.dotabuff.com>. [Дата звернення: 15 квіт. 2026].
- [3] STRATZ, «Dota 2 Analytics Platform,» 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://stratz.com>. [Дата звернення: 15 квіт. 2026].
- [4] OpenDota, «OpenDota API Documentation,» 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.opendota.com>. [Дата звернення: 15 квіт. 2026].
- [5] Microsoft, «ASP.NET Core SignalR,» Microsoft Docs, 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/signalr/introduction>. [Дата звернення: 15 квіт. 2026].
- [6] L. Breiman, «Random Forests,» Machine Learning, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, 2001, doi: 10.1023/A:1010933404324.
- [7] Y. Yang, T. Qin, Y.-H. Lei, «Real-time eSports Match Result Prediction,» arXiv:1701.03162, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/1701.03162>.

УДК 005:004.738.5:659.3

КІБЕРСПОРТИВНА ЕКОСИСТЕМА ЯК ІННОВАЦІЙНА МОДЕЛЬ МЕДІАКОМУНІКАЦІЇ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

ПИСАРЬКОВА В.Р. (pysarkova.v@duan.edu.ua)

Університет імені Альфреда Нобеля

У роботі досліджено особливості функціонування кіберспортивної екосистеми як інноваційної моделі медіакомунікації в умовах цифровізації економічних процесів. Визначено ключові елементи кіберспортивної індустрії та проаналізовано їх управлінські особливості порівняно з традиційними моделями організації. Розглянуто роль цифрових платформ, інформаційних технологій, AI-аналітики та інтерактивних комунікацій у розвитку кіберспортивного середовища.

Сучасний розвиток цифрової економіки супроводжується активною трансформацією медіапростору, формуванням нових каналів комунікації та появою інноваційних моделей цифрової взаємодії. Одним із найбільш динамічних напрямів цифрового середовища є кіберспорт, який поступово трансформувався з елементу індустрії розваг у повноцінну цифрову екосистему,

що поєднує медіа, бізнес, маркетинг, інформаційні технології та цифрові комунікації. У сучасних умовах кіберспорт виступає не лише формою цифрового дозвілля, а й важливим елементом розвитку цифрової економіки та інноваційних медіаплатформ.

Кіберспортивна екосистема являє собою комплекс взаємопов'язаних елементів, до яких належать кіберспортивні організації, стрімінгові платформи, розробники ігор, спонсори, рекламодавці, цифрові медіа та глядацька аудиторія. Взаємодія між цими компонентами формує нову модель медіакомунікації, що характеризується високим рівнем інтерактивності, глобальним охопленням аудиторії та швидкістю поширення цифрового контенту. Важливу роль у функціонуванні кіберспортивної індустрії відіграють цифрові платформи Twitch, YouTube Gaming, Discord та TikTok, які забезпечують комунікацію між контент-мейкерами та користувачами в режимі реального часу.

В умовах цифровізації економічних процесів кіберспорт формує нові бізнес-моделі, що базуються на монетизації цифрового контенту, стрімінгу, рекламних інтеграціях, партнерських програмах, продажі мерчу та організації міжнародних турнірів. Особливістю кіберспортивної екосистеми є поєднання медійної, технологічної та економічної складових, що створює умови для розвитку цифрового підприємництва та інноваційних механізмів взаємодії з аудиторією [1].

Важливим фактором розвитку кіберспортивної індустрії є використання сучасних інформаційних систем та технологій штучного інтелекту. Алгоритми рекомендацій, аналітика поведінки користувачів, персоналізація контенту та автоматизовані системи просування дозволяють підвищувати рівень залучення аудиторії та ефективність цифрових комунікацій. У результаті кіберспорт стає одним із найбільш перспективних сегментів цифрового медіапростору та важливим елементом сучасної цифрової економіки.

Таблиця 1 – Особливості елементів управління в кіберспортивній екосистемі та традиційних моделях організації

Елемент управління	Кіберспортивна екосистема	Традиційні моделі організації
Організаційна структура	Гнучка мережева структура, що базується на цифровій взаємодії між платформами, командами, стрімерами, спонсорами та аудиторією	Ієрархічна структура з чітким розподілом повноважень та централізованою системою управління
Комунікаційна система	Інтерактивна комунікація в режимі реального часу через Twitch, Discord, YouTube, TikTok та соціальні мережі	Формалізована система внутрішніх та зовнішніх комунікацій через офіційні канали
Управління аудиторією	Використання AI-аналітики, Big Data та алгоритмів рекомендацій для аналізу поведінки користувачів і персоналізації контенту	Традиційні маркетингові дослідження та сегментація споживачів
Маркетингове управління	Digital-маркетинг, influencer marketing, стрімінгове просування, інтерактивний контент та гейміфікація	Традиційна реклама, PR-кампанії, зовнішня реклама та офлайн-просування
Управління контентом	Безперервне створення та оновлення цифрового контенту відповідно до інтересів онлайн-аудиторії	Стандартизований контент із нижчим рівнем адаптації до змін ринку
Бізнес-модель	Платформена цифрова екосистема з багатоканальною монетизацією через стрімінг, рекламу, донати та партнерства	Лінійна модель отримання доходу через продаж товарів або послуг
Технологічне забезпечення	Повна інтеграція цифрових платформ, інформаційних систем, AI та автоматизованих сервісів	Часткове використання цифрових технологій для автоматизації окремих процесів
Управління персоналом	Гнучкі команди, дистанційна взаємодія, проєктний підхід та цифрова координація діяльності	Традиційне кадрове управління та офісний формат роботи
Процес прийняття рішень	Оперативне прийняття рішень на основі цифрової аналітики та реакції аудиторії	Більш тривалий процес ухвалення рішень через багаторівневу систему погодження
Конкурентні переваги	Швидкість цифрової взаємодії, глобальне охоплення аудиторії, персоналізація та інноваційність	Репутація бренду, стабільність діяльності та матеріальні ресурси

У сучасних умовах цифровізації економічних процесів кіберспорт поступово трансформується у складну цифрову екосистему, яка об'єднує елементи медіакомунікації, інформаційних технологій, цифрового маркетингу та платформеного бізнесу [2]. На відміну від традиційних моделей організації, кіберспортивна індустрія функціонує у високодинамічному цифровому середовищі, що зумовлює необхідність використання інноваційних управлінських підходів, інтерактивних механізмів взаємодії з аудиторією та сучасних інформаційних систем. З метою визначення ключових управлінських особливостей кіберспортивної екосистеми доцільним є проведення порівняльного аналізу її основних елементів із традиційними моделями організації (табл. 1).

Представлені характеристики свідчать про те, що кіберспортивна екосистема суттєво відрізняється від традиційних моделей організації високим рівнем цифровізації, інтерактивністю комунікаційних процесів та платформеним характером управління. Використання цифрових технологій, алгоритмів штучного інтелекту та систем аналітики даних забезпечує швидку адаптацію до змін ринку, персоналізацію контенту та ефективне управління аудиторією. У результаті кіберспорт формує нову модель медіакомунікації, що поєднує інноваційні підходи до управління, цифрового маркетингу та організації взаємодії у сучасному цифровому середовищі.

Важливою особливістю розвитку кіберспортивної екосистеми є її здатність швидко адаптуватися до змін цифрового середовища та впроваджувати інноваційні технології у процеси медіакомунікації. На відміну від традиційних моделей організації, кіберспортивна індустрія функціонує в умовах постійної цифрової трансформації, де ключовими факторами конкурентоспроможності виступають швидкість обробки інформації, рівень залучення аудиторії та ефективність цифрової взаємодії [3]. Саме тому сучасні кіберспортивні платформи активно використовують алгоритми штучного інтелекту, системи аналітики Big Data та інструменти автоматизованого просування контенту.

Особливого значення набуває використання цифрових платформ як основного інструменту формування медіакомунікаційного середовища. Twitch, YouTube Gaming, Discord та TikTok забезпечують не лише трансляцію контенту, а й створення інтерактивного простору для взаємодії між кіберспортивними організаціями, гравцями, брендами та аудиторією. У результаті формується новий тип цифрової комунікації, що характеризується високим рівнем персоналізації, інтерактивності та глобальним охопленням користувачів.

Крім того, розвиток кіберспорту сприяє трансформації сучасних бізнес-моделей у сфері цифрової економіки. Монетизація цифрового контенту через стрімінг, підписки, партнерські програми, рекламу, продаж мерчу та проведення міжнародних турнірів формує багатоканальну систему отримання доходів. Це створює нові можливості для розвитку цифрового підприємництва, інноваційного менеджменту та платформеного бізнесу.

Водночас кіберспортивна екосистема характеризується високим рівнем залежності від цифрових технологій та інформаційної інфраструктури. Ефективність її функціонування значною мірою визначається якістю цифрових сервісів, швидкістю обробки даних, рівнем кібербезпеки та здатністю платформ забезпечувати стабільну взаємодію з аудиторією. У таких умовах важливого значення набуває впровадження сучасних систем цифрового управління, автоматизації процесів та аналітичних інструментів для прогнозування поведінки користувачів.

Отже, кіберспортивна екосистема в сучасних умовах цифровізації економічних процесів перетворюється на важливий елемент розвитку цифрового медіапростору та інноваційних моделей комунікації. Її функціонування базується на використанні цифрових платформ, інтерактивних технологій, інформаційних систем та сучасних механізмів управління аудиторією. На відміну від традиційних моделей організації, кіберспорт характеризується високим рівнем цифровізації, гнучкістю управлінських процесів та швидкою адаптацією до змін інформаційного середовища.

Використання технологій штучного інтелекту, Big Data, digital-маркетингу та платформених бізнес-моделей забезпечує ефективне управління цифровими комунікаціями та формування глобальних онлайн-спільнот. У результаті кіберспорт стає не лише сегментом індустрії розваг, а й перспективним напрямом розвитку цифрової економіки, інноваційного підприємництва та сучасних медіакомунікацій. Подальший розвиток кіберспортивної екосистеми сприятиме впровадженню нових цифрових технологій, трансформації комунікаційних процесів та розширенню можливостей інтерактивної взаємодії у глобальному цифровому середовищі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Ю. Костинець, «Формування і реалізація інтегрованого розвитку підприємництва в кіберспорті: питання ефективного управління та адміністрування», *Економіка та суспільство*, № 66, 2024. doi: 10.32782/2524-0072/2024-66-103.
- [2] В. Білогур, Е. Сивохоп, Н. Семаль, І. Скрипченко та Є. Карабанов, «Формування концепції “цифрової спортивної людини” в умовах четвертої промислової революції», *Humanities Studies*, № 21(98), с. 141–151, 2024.
- [3] В. Писарькова, «Формування інноваційного потенціалу стартапів на основі інформаційно-аналітичних платформ», *Економіка та суспільство*, № 80, 2025. doi: 10.32782/2524-0072/2025-80-116.

УДК 004.4:794.8

РОЗРОБКА ВЕБПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПОШУКУ ІГРОВИХ ПАРТНЕРІВ ТА ОНЛАЙН-КОМУНІКАЦІЇ

ПІКУЛЯК М.В. (mykola.pikuliak@cnu.edu.ua),

ГРАБІВЧУК І.С. (ivan.hrabivchuk.22@pnu.edu.ua)

Карпатський національний університет імені В. Стефаника

В роботі розглянуто процес проектування та розробки вебплатформи для організації спільної гри та комунікації користувачів. Проаналізовано найпоширеніші платформи та обґрунтовано актуальність розробки. Описано архітектуру вебдодатку на основі модульного моноліту, що дозволяє розділити побудову функціональних модулів з чітко визначеними межами відповідальності. Наведено результати програмної реалізації модуля формуванню ігрових команд на основі алгоритму рекомендаційного сортування.

Вступ. Ринок комп'ютерних ігор є однією з найдинамічніших і найприбутковіших галузей сучасної індустрії розваг. Сьогодні геймінг перетворився з нішового хобі на масове соціальне явище, яке формує культурні тренди, нові бізнес-моделі та навіть нові професії. Ігрові технології активно застосовуються у сфері освіти, психології, маркетингу та корпоративного менеджменту. Разом з тим постійне зростання кількості користувачів, стрімкий розвиток багатокористувацьких онлайн ігор та кіберспорту створюють попит на інноваційні інструменти для взаємодії геймерів по всьому світу. В сучасних багатокористувацьких іграх важливим фактором успішності є швидкий та зручний пошук напарників для гри, а також наявність якісного текстового чату.

Актуальність. Сьогодні на ринку наявно достатньо популярних рішень для онлайн-комунікації геймерської спільноти, проте вони не завжди забезпечують комплексний підхід, який включав би зручний пошук нових гравців у поєднанні з багатофункціональною системою комунікації. Також існуючі сервіси не завжди задовольняють потреби користувачів: вони або орієнтовані на вузьке коло ігор або не мають інтегрованої системи пошуку та спілкування.

У цьому контексті виникає потреба у створенні єдиного вебдодатку, який об'єднував би обидва напрями – підбір гравців для спільної гри та інтегровану систему комунікації між ними. Розробка такого сервісу є актуальним і перспективним напрямом сучасної інженерії програмного забезпечення, оскільки він дозволяє підвищити якість ігрового досвіду, розширити можливості для формування спільнот та спростити взаємодію між геймерами.

Мета дослідження. Метою дослідження є проектування та розробка вебплатформи для організації спільної гри й комунікації користувачів, яка забезпечує пошук партнерів для онлайн-ігор, створення ігрових команд та ефективну взаємодію між гравцями в єдиному інформаційному середовищі.

Порівняльний аналіз існуючих рішень. Сучасний ринок пропонує чимало сервісів для організації ігрової взаємодії між користувачами. Вони різняться за функціональністю, орієнтацією на певну аудиторію та ступенем інтеграції з ігровим процесом. Найпоширенішими платформами є, наприклад, Discord, GamerLink, GameTree, E-Pal [1]. Серед найбільш суттєвих недоліків відомих систем можна виділити:

- орієнтація на вже сформовані групи: важко знаходити нових людей;

- вузький набір фільтрів може бути недостатнім для досвідчених гравців, які хочуть знайти партнерів з певним рангом чи статистикою;
- комерційна модель є фундаментальним бар'єром для переважної більшості гравців, які шукають безкоштовних партнерів;
- не завжди прозорі алгоритми: хоча система і пропонує підбір за навичками, користувачі не завжди розуміють, за якими саме критеріями відбувається вибір, що може призводити до нерелевантних пропозицій.

Виклад основного матеріалу. Для реалізації застосунку обрано архітектуру модульного моноліту [2]. Такий підхід дозволяє розділити систему на логічно відокремлені доменні модулі, кожен з яких відповідає за окрему частину функціональності: користувачі, лобі, повідомлення, сповіщення, соціальні функції, скарги, підтримка та досягнення. Водночас усі модулі працюють у межах одного backend-застосунку та використовують спільну базу даних, що спрощує розробку, розгортання й підтримку системи. На рис. 1 представлено архітектурну схему монолітного застосунку:



Рис. 1 – Схема роботи модульного моноліту вебдодатку

Запропонована архітектура добре відповідає вимогам проекту, є економічно доцільною та забезпечує надійну основу для подальшого розвитку вебзастосунку.

Програмно застосунок реалізований на основі клієнт-серверної структури та складається з двох основних частин: серверної та клієнтської. Серверна частина реалізує основну логіку вебзастосунку, забезпечує обробку запитів, роботу з базою даних, авторизацію користувачів та взаємодію із зовнішніми сервісами. Вона побудована на основі Spring Boot і має шарову організацію [3]. Основними її складовими є контролери, сервіси, репозиторії, сутності, DTO-класи, конфігураційні компоненти та модулі безпеки.

Клієнтська частина відповідає за відображення інтерфейсу, обробку дій користувача та передавання даних до сервера через API. Ця частина реалізована як односторінковий вебзастосунок на основі Vue 3, TypeScript і Vite. Її структура поділена на сторінки, компоненти, маршрути, сховища стану, API-модулі, типи даних і допоміжні функції. Такий поділ забезпечує зрозумілу організацію коду та дозволяє повторно використовувати окремі елементи інтерфейсу.

Для рівня даних обрано PostgreSQL як надійну реляційну основу, яка дозволяє зберігати інформацію про ключові об'єкти системи (користувачі і , профілі, ігри, запити на спільну гру, учасники партій, чати, повідомлення, інвайти, сповіщення, скарги, досягнення) та зв'язки між ними.

Одним із центральних модулів вебзастосунку є система організації спільної гри. Саме через неї користувач переходить від звичайного перегляду платформи до основного сценарію роботи сервісу: знаходить гру, створює лобі, очікує інших учасників або приєднується до вже створеної групи. Лобі реалізовано як запит на спільну гру, тобто окремий об'єкт, який містить умови майбутньої ігрової сесії. Важливою особливістю механізму роботи лобі є використання алгоритму рекомендаційного сортування, який дозволяє для кожного користувача впорядкувати список відкритих груп в залежності від значення так званого підсумкового балу лобі, яке визначається з

врахуванням таких характеристик, як збіг гри з улюбленими іграми користувача, мова спілкування, обрана платформа, рівень навичок користувача, стиль гри, коефіцієнт заповненості групи, дата створення, назва хоста, підтримка нових авторів. Тому цей модуль реалізує не просто створення списку відкритих запитів, а повний сценарій роботи з лобі: вибір гри, створення групи, автоматичне створення чату, приєднання учасників, керування статусами, фільтрацію та рекомендаційне сортування. Завдяки цьому користувач отримує не випадковий перелік груп, а впорядковану видачу лобі, які найбільше відповідають його профілю та поточним умовам пошуку.

Приклади реалізації інтерфейсу зі сторінками лобі представлено на рис. 2-3:

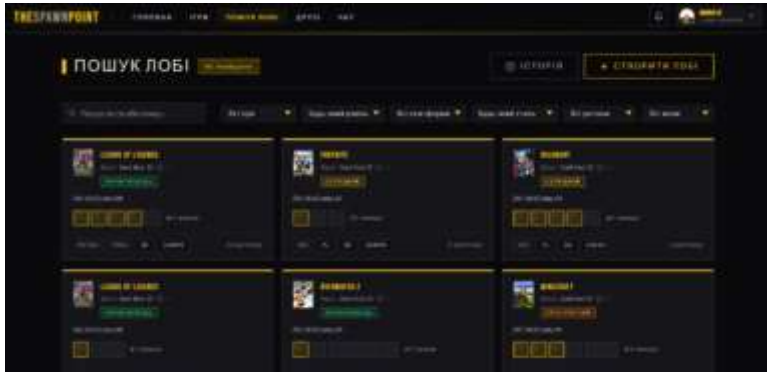


Рис. 2 – Сторінка пошуку лобі

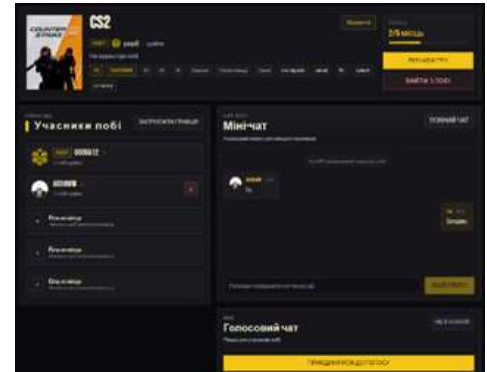


Рис. 3 – Сторінка деталей лобі

Вебзастосунок пройшов етап тестування, що дозволило підтвердити коректність виконання основних функцій: взаємодія між frontend, backend і базою даних працює стабільно, а реалізовані механізми авторизації, лобі, чатів, сповіщень, підтримки та адміністрування відповідають поставленим вимогам.

Практичне значення результатів дослідження. Практичне значення дослідження полягає у створенні вебплатформи, яка забезпечує пошук користувачів для спільної гри, організацію ігрових команд та підтримку комунікації між гравцями в режимі реального часу. Розроблений програмний продукт може бути використаний геймерськими спільнотами для покращення взаємодії користувачів, спрощення процесу пошуку партнерів по грі та підвищенню ефективності командної взаємодії в онлайн-іграх.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження було проаналізовано сучасні підходи до розробки веборієнтованих систем для організації взаємодії користувачів у середовищі онлайн-ігор. У процесі роботи спроектовано та реалізовано вебплатформу, що забезпечує реєстрацію й автентифікацію користувачів, пошук партнерів для спільної гри, створення ігрових груп та обмін повідомленнями. Розроблений програмний продукт має зрозумілий інтерфейс, забезпечує зручну взаємодію користувачів і може бути використаний як основа для створення сучасних геймерських сервісів.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні функціональності вебплатформи шляхом створення мобільної версії, інтеграції з популярними геймерськими платформами та сервісами, удосконалення алгоритму підбору лобі й розвитку можливостей для формування малих ігрових спільнот. Окремим напрямом є впровадження сезонних подій, турнірів, локалізації інтерфейсу та додаткових premium-функцій, а також посилення механізмів безпеки користувачів і захисту персональних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Discord LFG Is Dead: The 7 Real Alternatives to Find Teammates in 2026. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://gameverse.app/blog/discord-lfg-alternatives-2026?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 05.05.2026).
2. Leon Shklar, Rich Rosen. Web Application Architecture: Wiley Publishing, 2009, 649 p.
3. Spring Boot. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://spring.io/projects/spring-boot> (дата звернення: 08.05.2026).

ВИКОРИСТАННЯ РОЛЕВИХ МЕХАНІК ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ ЗАЛУЧЕНОСТІ КОРИСТУВАЦЬКОЇ БАЗИ

СІДЕЛЬНИКОВА А. С. (9482162@stud.op.edu.ua)

Національний університет «Одеська політехніка»

Розглянуто потенціал та проблематику інтеграції ролевих механік як механізму утримання залученості користувачів. На їх основі розроблено теоретичний варіант імплементації системи з їх використанням. Ідентифіковано загальний пайплайн розробки дизайну подібних систем.

Постановка проблеми. Типові моделі залучення користувачів до розвитку та/або підтримки проекту зазвичай тяжіють до двох крайнощів: або це під-спільнота, що виконує роль модераторів, або ж увесь проект на певному рівні є симулятором економіки, що є досить специфічним випадком. Тим не менш, в обох варіантах вони підтримують залученість користувачів-учасників за рахунок їхнього особистого інтересу та відчуття відповідальності. Тож, механіки на їх основі є менш шкідливими для ментального здоров'я користувачів та репутації проекту, ніж ті, що засновані на дратуванні, адиктивності чи обмані[1].

Тож, є сенс дослідити потенціал використання користувацьких ролей для підтримання залученості користувацької бази.

Мета. Моделювання працездатного варіанту інтеграції ролевих механік у функціонування певного проекту.

Вибір контексту. Очевидно, наприклад, що користувацькі ролі не є доречними в одиночних іграх. Потрібний певний рівень кооперації користувачів.

На основі цього факту можна виділити два варіанти: конкурентна та кооперативна колаборація. Перший варіант відповідає, наприклад, системі конкурентних гільдій. Другий варіант відповідає випадкам, в яких вся користувацька база має спільну ціль – наприклад, Вікіпедія.

Оскільки другий варіант є менш залежним від ігрових умовностей, розглянемо його.

Вікіпедія залучає користувачів до двох активностей: створення статей та модерація. Бачимо, що першу активність можна розбити на наступні ролі: пошук релевантних джерел, фактчекінг, формулювання тексту, перевірка тексту на відповідність правилам платформи, редагування тексту для підтримки стилю та видалення мовних помилок, переклад на різні мови.

Ідентифікація проблем. Які фактори потрібно враховувати для формування процесу розподілу ролей?

По-перше, користувачі прагнуть діяти вільно. Тож, створення бар'єрів для виконання дій (як-то потреба у отриманні дозволу) призведе до значного зниження кількості залучених користувачів[2].

По-друге, перероблення системи є складнішою та ризиковішою задачею за її створення з нуля. Тож, конкретна інтеграція буде значно залежати від конкретного проекту; в деяких випадках, наприклад, у старих проектах зі значною базою легасі коду, її імплементація буде особливо працемісткою.

По-третє, недоречне використання дій: тролінг, гріфінг, тощо.

Формування методу, що уникає проблем. Бажано використовувати заборону на дії у випадках їх недоречного використання. Це прибирає початковий бар'єр, що збільшує кількість учасників, і дозволяє обмежити суворість третьої проблеми.

Далі можна збирати дії користувача у його статистику активності, і використовувати отриманий профіль для автоматичної ідентифікації ролі або ролей (наприклад, 80% ролі А, 15% ролі Б та 5% всього іншого).

Щодо технічних труднощів – їх вирішувати потрібно, знаючи конкретні умови.

Використання статистики дій. Ідентифіковані ролі можна використати для наступних кейсів:

1. «Сюди потрібна допомога ролі А!»; тож, використання механізму видачі та отримання квестів для виконання завдань, де у кожній ролі, умовно кажучи, є своя дошка квестів.

2. «Нам недостає людей Б!»; тож, як команда проекту, так і спільнота, можуть одразу почати працювати над вирішенням дефіциту.

3. «Виконувачі ролі В часто роблять помилки 1, 2, 3...»; більш прозорий погляд на типові помилки стимулюватиме розробку бази знань для підвищення кваліфікації користувачів – тобто, наприклад, фанатської вікіпедії чи матеріалів в рамках самого проекту.

Висновки. Тож, алгоритм імплементації цієї системи зводиться до ідентифікації можливих ролей, розробки методу реєстрації дій користувача у відповідності з ними, та подальшого використання ідентифікованих груп в залежності від специфіки.

У результаті така система надає можливості для виконання функцій підтримки ядра активних користувачів, пришвидшеної ідентифікації проблем проекту та формування самопідтримуваної мікроекономіки професій.

Хоча вона не може стати основною механікою, вона має потенціал бути корисним інструментом для забезпечення стабільності та розвитку спільноти навколо проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] P. Kumar, S. Singh Dadwal, S. Modi, A.M. Ghouri та H. Jahankhani, “Dark Patterns and the Erosion of Consumer Autonomy”, у The Dark Side of Marketing. Cham: Palgrave Macmillan, 2025. Дата звернення: 14 трав. 2025. [Онлайн]. Доступно: https://doi.org/10.1007/978-3-031-94946-3_7

[2] “User interaction: User Experience Challenges: Tackling the Obstacles: Overcoming User Experience Challenges”, Content Corner, 4 квіт. 2025. Дата звернення: 14 трав. 2025. [Онлайн]. Доступно: <https://fastercapital.com/content/User-interaction--User-Experience-Challenges--Tackling-the-Obstacles--Overcoming-User-Experience-Challenges.html>

УДК 796.011:327:004.77

КІБЕРСПОРТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПУБЛІЧНОЇ ДИПЛОМАТІЇ ТА КУЛЬТУРНОЇ КОМУНІКАЦІЇ В ЕПОХУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

С. АНДРЕЄВ (andreevgarage@gmail.com),
В. АНДРЕЄВА (vandreeva813@gmail.com),
М. МАЛЯВИНА (malavinamaria8@gmail.com),
Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей»
Чугуївської міської ради Харківської області

Стаття аналізує трансформацію кіберспорту з нішевого захоплення на глобальну індустрію, що стала потужною платформою для «м'якої сили», міжкультурного діалогу та національного брендингу. Автори визначають три стовпи кіберспортивної дипломатії: культурну привабливість ігор, просування цінностей чесної гри та можливість прямої цифрової присутності перед багатомільйонною аудиторією. Проведення масштабних міжнародних івентів дозволяє державам демонструвати свій інноваційний потенціал, залучати інвестиції та створювати позитивний імідж країни через успіхи національних гравців-амбасадорів. Попри значні можливості для подолання політичної ізоляції та мобілізації громадянського суспільства, у роботі наголошується на ризиках етичного характеру та загрозі використання турнірів авторитарними режимами для «спортивного відбілювання» репутації. У підсумку підкреслюється, що інтеграція кіберспорту в державні стратегії є необхідною умовою для успішного позиціонування сучасної країни в новому цифровому світовому порядку.

У XXI столітті парадигма міжнародних відносин зазнала фундаментальних трансформацій під впливом тотальної цифровізації. Традиційні інструменти «жорсткої сили» дедалі частіше поступаються або доповнюються механізмами «м'якої сили», де ключову роль відіграють культура, цінності та комунікаційні стратегії [1]. Одним із найбільш динамічних та перспективних інструментів сучасної публічної дипломатії став кіберспорт. Перетворившись із нішевого

захоплення на глобальну індустрію з багатомільйонною аудиторією, кіберспорт сьогодні виступає не лише як спортивний феномен, а й як потужна платформа для міжкультурного діалогу, формування національного брендингу та легітимізації державних інтересів у цифровому просторі.

Публічна дипломатія спрямована на побудову тривалих відносин між державами та іноземними аудиторіями. У цифрову епоху цей процес вимагає нових каналів взаємодії. Кіберспорт ідеально відповідає цим критеріям, оскільки він за своєю природою є транскордонним, інклюзивним та технологічно детермінованим.

Використання кіберспорту як інструменту публічної дипломатії [2] базується на трьох основних стовпах:

1. Культурна привабливість, оскільки візуальна та наративна складова відеоігор стає частиною глобальної поп-культури, яку транслює країна-розробник або країна-організатор турнірів.
2. Ціннісна орієнтація через просування принципів чесної гри, командної роботи та меритократії.
3. Цифрова присутність, завдяки можливості прямої комунікації з глобальною аудиторією через стрімінгові платформи, оминаючи традиційні медіа-фільтри.

Глобальні кіберспортивні івенти, такі як The International, League of Legends World Championship або PGL Majors, за масштабом аудиторії та економічним впливом вже конкурують з Олімпійськими іграми чи Чемпіонатами світу з футболу. Для приймаючої країни проведення такого турніру є актом стратегічної комунікації:

1. Організація турніру високого рівня демонструє цифровий потенціал держави, якість її інфраструктури та інноваційний клімат. Наприклад, Південна Корея завдяки ранньому інвестуванню в кіберспорт закріпила за собою статус «цифрової Мекки», що позитивно впливає на сприйняття будь-яких корейських технологічних брендів.

2. Туристичні потоки, залучення спонсорських коштів від транснаціональних корпорацій та створення робочих місць у креативних індустріях підвищують інвестиційний рейтинг країни.

3. Тріумф національної команди на міжнародній арені стає джерелом національної гордості та інструментом позитивної ідентифікації країни за кордоном.

На відміну від традиційного спорту, де мовні та географічні бар'єри часто залишаються відчутними, кіберспорт функціонує в єдиному цифровому середовищі, що створює унікальний простір для культурної дифузії.

Великі турніри збирають представників десятків національностей не лише в якості гравців, а й у якості мільйонів глядачів, що одночасно перебувають у спільному чаті [3]. В свою чергу, це формує «глобальне село», де відбувається обмін культурними кодами. Гравці стають цифровими амбасадорами своїх країн. Коли професійний кіберспортсмен розповідає про свій побут, традиції чи історію своєї країни під час інтерв'ю на трансляції, він здійснює акт мікро-дипломатії, який часто є ефективнішим за офіційні заяви міністерств закордонних справ.

Понад те, кіберспорт виступає інструментом подолання політичної ізоляції. Участь команд у міжнародних змаганнях дозволяє підтримувати гуманітарні зв'язки навіть у періоди напруженості між урядами, акцентуючи увагу на спільних інтересах та професійній етиці.

Попри високий потенціал, використання кіберспорту в публічній дипломатії несе певні ризики [4]. По-перше, це питання етики та змісту ігор. Військові симулятори або ігри з елементами насильства можуть викликати неоднозначну реакцію в певних суспільствах, що вимагає від дипломатів тонкого налаштування меседжів. По-друге, існує ризик інструменталізації кіберспорту авторитарними режимами для «спортивного відбілювання» своєї репутації. Проведення масштабних турнірів може використовуватися для відволікання уваги міжнародної спільноти від проблем із правами людини чи порушення міжнародного права, що ставить перед глобальною кіберспортивною спільнотою питання про необхідність розробки власних стандартів соціальної відповідальності.

Кіберспорт демонструє надзвичайну здатність до мобілізації спільнот задля вирішення глобальних проблем. Благодійні марафони, збори коштів під час трансляцій на підтримку жертв природних катаклізмів або медичних ініціатив показують, що кіберспортивна аудиторія є не просто споживачем контенту, а активним громадянським суспільством.

В епоху цифровізації ця солідарність стає вагомим фактором міжнародних відносин. Спільний досвід переживання емоцій від перемог та поразок у віртуальному просторі створює фундамент для взаєморозуміння в реальному світі. Кіберспорт стирає кордони, вибудовуючи горизонтальні зв'язки між молодими людьми з різних континентів, що в довгостроковій перспективі сприяє деескалації міжнародних конфліктів.

Отже, кіберспорт еволюціонував із розважальної індустрії у стратегічний ресурс публічної дипломатії. У світі, де увага стає дефіцитним ресурсом, здатність залучати мільйони людей через цифрові змагання надає державам унікальні можливості для просування свого іміджу та культурних цінностей.

Великі турніри сьогодні виконують роль сучасних агор, де відбувається не лише боротьба за першість, а й інтенсивна культурна комунікація. Для успішного використання цього інструменту держави мають інтегрувати кіберспорт у свої стратегії національного брендингу, підтримувати розвиток власної ігрової індустрії та сприяти підготовці професійних кадрів, здатних представляти країну на міжнародній цифровій арені.

Разом з тим, важливо зберігати баланс між державними інтересами та автентичністю кіберспортивної спільноти. Тільки за умови збереження духу свободи, інклюзивності та чесної конкуренції кіберспорт зможе залишатися ефективним містком між народами в епоху глобальної цифровізації, сприяючи побудові більш відкритого та зрозумілого світу. Таким чином, кіберспортивна дипломатія є не просто трендом, а необхідністю для сучасної держави, що прагне бути суб'єктом, а не об'єктом у новому цифровому світовому порядку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Nye, *The Future of Power: Transcript*. London, U.K.: Chatham House, 2011.
2. J. Grix and P. M. Brannagan, "Sports Mega-Events as Foreign Policy: Sport Diplomacy, 'Soft Power,' and 'Sportswashing'," *Am. Behav. Sci.*, pp. 1–16, 2024, doi: 10.1177/00027642241262042.
3. C. Bjola, J. Cassidy, and I. Manor, "Public Diplomacy in the Digital Age," *Hague J. Dipl.*, vol. 14, no. 1–2, pp. 83–101, 2019, doi: 10.1163/1871191X-14101010.
4. S. Poirier-Poulin, "Watch me play: Twitch and the rise of game live streaming," *New Media Soc.*, 2020, doi: 10.1177/1461444820939317.

УДК 004.9:794

ЕВОЛЮЦІЯ ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ: ВІД АРКАДНИХ АВТОМАТІВ ДО ХМАРНОГО ГЕЙМІНГУ

АНТОНОВ З.Є. (zhrntnv@gmail.com)

ВСП «Фаховий коледж промислової автоматики та інформаційних технологій» ОНУ

У роботі досліджується еволюція ігрової індустрії від перших аркадних автоматів 1970-х років до сучасних хмарних ігрових платформ. Проаналізовано ключові технологічні стрибки, що визначили розвиток кожного покоління ігрових систем: від 8-бітної графіки до реалістичної 4K-візуалізації та технологій доповненої реальності. Розглянуто вплив індустрії на суспільство, економіку та культуру, а також окреслено перспективні напрямки її подальшого розвитку.

Постановка проблеми. Ігрова індустрія є однією з найбільш динамічних галузей цифрової економіки. За даними аналітичних агенцій, її обсяг у 2023 році перевищив 200 млрд доларів США, що ставить її поряд з кіно- та музичною індустрією разом узятими. Попри очевидну значущість, питання систематизації етапів її розвитку та виявлення закономірностей технологічного прогресу залишаються недостатньо дослідженими в україномовному науковому просторі.

Вирішені завдання. У межах дослідження виконано такі завдання: виокремлено та охарактеризовано основні покоління ігрових систем; проведено аналіз ключових технологічних факторів, що спричинили перехід від одного покоління до наступного; оцінено економічний та

культурний вплив ігрової індустрії на суспільство; визначено сучасні та перспективні тенденції її розвитку.

Суть дослідження. Зародження ігрової індустрії пов'язане з появою перших аркадних автоматів у 1970-х роках. Гра Pong (Atari, 1972) стала першим комерційно успішним електронним розважальним продуктом і поклала початок цілій галузі. Наприкінці 1970-х – на початку 1980-х років домашні ігрові консолі (Atari 2600, Intellivision) зробили відеоігри масовим явищем. Стрімке насичення ринку неякісними іграми спричинило галузеву кризу 1983 року, яка практично знищила американський ринок консолей.

Відродження індустрії пов'язане з виходом Nintendo Entertainment System (NES) у 1985 році. Жорсткий контроль якості ігор з боку Nintendo встановив нову парадигму розвитку ринку. У 1990-х роках перехід до 3D-графіки та поява носіїв CD-ROM кардинально змінили можливості розробників: з'явилися повноцінні сюжетні ігри з озвученням та кінематографічними вставками. PlayStation (Sony, 1994) та Nintendo 64 стали символами цього переходу і заклали основи сучасної геймерської культури.

У табл. 1 наведено порівняльну характеристику ключових поколінь ігрових систем за технологічними ознаками.

Таблиця 1 – Покоління ігрових систем та їх ключові характеристики

Покоління	Роки	Ключові технології	Приклади платформ
1-ше	1970–1980	Аналогові схеми, 8-біт	Atari 2600, Pong
2-ге	1980–1990	16-біт, картриджі	NES, Sega Genesis
3-тє	1990–2000	3D-графіка, CD-ROM	PlayStation, N64
4-тє	2000–2010	HD-графіка, інтернет	PS3, Xbox 360
5-тє	2010–нині	4K, хмарний геймінг, VR	PS5, Xbox Series X



Рис. 1 – Динаміка доходів світової ігрової індустрії (1970–2023 рр.)

Початок 2000-х років ознаменувався масовим поширенням широкосмугового інтернету, що відкрило еру онлайн-ігор та цифрової дистрибуції. Поява Steam (Valve, 2003) революціонізувала ринок ПК-ігор, а розвиток мобільних платформ після виходу iPhone (2007) вивів мобільний геймінг у лідери за кількістю гравців. Сьогодні понад 3,2 млрд людей у світі грають у відеоігри на тих чи інших платформах.

Найновішою тенденцією є хмарний геймінг (Cloud Gaming) – технологія стрімінгу ігрового контенту з віддалених серверів безпосередньо на пристрій користувача без необхідності потужного «заліза». Сервіси Xbox Cloud Gaming (Microsoft), GeForce NOW (NVIDIA) та

PlayStation Now (Sony) вже сьогодні дозволяють грати у AAA-ігри на смартфонах та слабких ПК. Паралельно розвиваються технології VR/AR, метавсесвіту та play-to-earn моделей на основі блокчейн, що формують принципово нову екосистему цифрових розваг.

Висновки. Ігрова індустрія пройшла шлях від простих аркадних автоматів до глобального мультимільярдного ринку менш ніж за 60 років. Кожне нове покоління ігрових систем визначалося технологічним стрибком у графіці, носіях інформації або мережевих можливостях. Сучасні тенденції – хмарний геймінг, VR/AR та штучний інтелект – свідчать про те, що індустрія знаходиться на порозі чергової трансформації, наслідки якої будуть значущими не лише для розваг, а й для освіти, медицини та соціальних комунікацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Newzoo, "Global Games Market Report 2023," Newzoo BV, Amsterdam, Netherlands, Tech. Rep., 2023. [Online]. Available: <https://newzoo.com/resources/trend-reports/global-games-market-report>
- [2] S. L. Kent, The Ultimate History of Video Games: From Pong to Pokémon and Beyond. New York, NY: Three Rivers Press, 2001.
- [3] D. Takahashi, "The DeanBeat: How the video game industry evolved over 50 years," VentureBeat, Mar. 2022. [Online]. Available: <https://venturebeat.com/games/the-deanbeat-how-the-video-game-industry-evolved-over-50-years>

УДК 004.912:796.011.3:796.093.58

КОМПЛЕКСНА ЦИФРОВІЗАЦІЯ ДОКУМЕНТООБІГУ КІБЕРСПОРТИВНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

ГОРЯЧКІН В. М. (v.m.horiachkin@ust.edu.ua)

Український державний університет науки і технологій

У роботі досліджено підходи до цифровізації процесів управління в кіберспорті за допомогою професійних інструментів текстових процесорів. Розглянуто методи візуалізації турнірних структур, механізми колективного рецензування регламентів та впровадження інтерактивних форм для автоматизації збору даних. Запропоновано комплексний підхід до формування цифрового середовища кіберспортивної організації.

Вступ та постановка проблеми. Стрімкий розвиток кіберспортивної індустрії як глобальної екосистеми вимагає якісно нового підходу до менеджменту та маркетингу [1, 2]. Як зазначають провідні дослідники галузі, кіберспорт сьогодні — це не лише змагальна активність, а складна соціокультурна та технологічна система, що потребує професійної стандартизації [3]. Організація масштабних турнірів супроводжується створенням великої кількості технічної документації: регламентів, кодексів поведінки (Code of Conduct) та фінансових кошторисів. Традиційні методи роботи з текстовими документами не забезпечують необхідної швидкості обробки даних та візуальної чіткості. Це призводить до виникнення колізій у правилах, помилок у фінансовому плануванні та затримок у реєстрації учасників. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю впровадження сучасних ІТ-інструментів для систематизації документообігу в умовах високої динаміки ігрової індустрії.

Перелік вирішених завдань. Метою дослідження є розробка методології створення цілісної системи електронного документообігу кіберспортивної організації, що дозволяє вирішити наступні задачі:

1. Візуалізація складних ієрархічних структур (наприклад, турнірних сіток) та логістичних схем.
2. Впровадження інструментів контролю змін при підготовці багатосторінкових документів (наприклад, регламентів змагань).

3. Автоматизація збору необхідної інформації (наприклад, даних учасників онлайн-турнірів, які вони надають під час реєстрації) через захищені інтерактивні шаблони.

Виклад суті дослідження. Цифровізація документообігу в межах дослідження була реалізована через три взаємопов'язані етапи, що базуються на функціональних можливостях сучасних текстових процесорів:

- візуалізація даних та складне макетування;
- колективна робота з текстовими документами;
- впровадження інтерактивних форм та робота з ними.

Візуалізація даних та складне макетування. Для подолання проблеми низької читабельності текстових описів ігрових форматів запропоновано використання графічних примітивів та інструментів SmartArt. Це дозволяє візуалізувати турнірні сітки (наприклад, системи Single або Double Elimination), де кожен етап змагань представлений окремим логічним блоком (рис. 1).



Рис. 1 – Приклад візуалізації структури кіберспортивних змагань засобами графічних об'єктів

Окрему увагу приділено фінансовому плануванню: розроблено табличні структури з використанням вкладених формул для розрахунку призових фондів та операційних витрат. Застосування розривів розділів (Section Breaks) дозволяє комбінувати книжкову та альбомну орієнтації в межах одного файлу. Це критично для відображення широких графіків розкладів та схем розташування обладнання на LAN-локаціях, що є невід'ємною частиною професійного регламенту.

Колективна робота та механізми рецензування. Враховуючи складність кіберспортивної екосистеми, де до підготовки документа залучені менеджери, юристи та технічні адміністратори [1], впроваджено режим рецензування спільних документів (відстеження виправлень). Це забезпечує прозорість кожної зміни: від коригування пунктів про технічні паузи до уточнення розмірів штрафних санкцій за порушення ігрової дисципліни.

Інструменти коментування дозволяють проводити дискусії безпосередньо в тілі документа, що пришвидшує фіналізацію їх підготовки.

Механізм порівняння версій дозволяє виявити та усунути колізії у документах, що можуть виникнути при одночасному внесенні правок менеджерами та технічними адміністраторами під час колективної роботи, гарантує виявлення будь-яких несанкціонованих правок перед їх публікацією та мінімізує ризики маніпуляцій та суддівських помилок.

Проектування інтерактивних форм та автоматизація. Найбільш критичним етапом цифровізації є впровадження інструментів автоматизованого збору даних. Замість паперових анкет або неструктурованих повідомлень запропоновано використання інтерактивних шаблонів (рис. 2).

Основні елементи впровадженої системи:

- валідація типів даних: використання випадючих списків для вибору ігрових дисциплін (Counter Strike 2, Dota 2, Valorant тощо) виключає помилки в назвах та полегшує подальшу фільтрацію;
- контроль форматів: поля вибору дати (Date Picker) забезпечують уніфіковане введення дат;

– захист структури: встановлення обмеження «Тільки заповнення форм» запобігає випадковому видаленню або зміні критичних пунктів юридичних угод, контрактів з гравцями, інших важливих документів.

Рис. 2 – Приклад реалізації фрагменту інтерактивної форми з елементами керування вмістом

Завдяки запропонованому підходу, кіберспортивна організація отримує стандартизований масив даних, придатний для швидкого експорту та аналізу в автоматизованих системах управління маркетингом або скаутингу [2, 3].

Висновки. Впровадження комплексного підходу до цифровізації документів дозволяє перетворити статичні текстові документи на динамічну систему управління організацією. Візуалізація робить складні ігрові правила прозорими для учасників, механізми рецензування забезпечують юридичну відповідність документів, а інтерактивні форми автоматизують взаємодію з великою кількістю респондентів. Запропонована методологія є фундаментом для створення професійного іміджу кіберспортивного бренду та суттєвого підвищення операційної ефективності в сучасній індустрії кіберспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. SENET. Кіберспорт: як працює глобальна екосистема. Блог SENET. URL: <https://senet.cloud/uk/blog/kibersport-yak-praczu%D1%94-globalna-ekosistema> (дата звернення: 06.04.2026).
2. WePlay Holding. Кіберспортивний маркетинг: особливості та тренди. WePlay Holding Blog. URL: <https://weplayholding.com/uk/blog/kibersportivnii-marketing/> (дата звернення: 06.04.2026).
3. Кіберспорт : монографія / О. Андреева, Е. Анохін, С. Бекар та ін. ; за заг. ред. Є. В. Імаса, О. В. Борисової, О. А. Шинкарук. Київ : Олімп. л-ра, 2021. 616 с.

УДК 004.92:004.932:004.5

ІНТЕРАКТИВНІ МУЛЬТИМЕДІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЦИФРОВОМУ МЕДІАПРОСТОРІ З ПОДІЄВОЮ ОРГАНІЗАЦІЄЮ ВЗАЄМОДІЇ

ПАНОВИК У.П. (uliana.p.panovyk@lpnu.ua)

Національний університет «Львівська політехніка»

Розглянуто особливості інтерактивних мультимедійних технологій у цифровому медіапросторі. Запропоновано інтерактивно-подієву модель організації мультимедійного середовища, що базується на обробці подій користувача та забезпечує динамічну зміну подання контенту. Розроблено алгоритм взаємодії, який реалізує цикл «подія – обробка – рішення – оновлення – відображення» та забезпечує адаптацію в режимі реального часу. Показано, що такий підхід підвищує ефективність сприйняття інформації та забезпечує гнучку взаємодію користувача з цифровими системами.

Постановка проблеми. Цифровий медіапростір характеризується стрімким зростанням обсягів мультимедійного контенту та переходом до потокових форм його подання. Стрімінгові

платформи, соціальні медіа та інтерактивні веб-сервіси формують середовище реального часу, у якому мультимедіа виступає не лише засобом відтворення, а й активним інтерфейсом взаємодії між користувачем та інформаційною системою. Попри розвиток технологій обробки мультимедійних потоків, значна частина рішень залишається орієнтованою на статичні або слабо інтерактивні сценарії, що не враховують динаміку поведінки користувача. Це призводить до перевантаження інформацією та зниження ефективності сприйняття.

Особливо це проявляється в навчальних, аналітичних та інформаційних системах, де недостатня інтерактивність може спричинити помилки інтерпретації та зниження ефективності прийняття рішень. У зв'язку з цим актуальним є розроблення підходів до організації цифрового медіапростору, що забезпечують інтерактивну адаптацію мультимедійного контенту на основі подієвої моделі взаємодії та його динамічне оновлення в режимі реального часу.

Сучасні дослідження цифрового медіапростору підтверджують зростання ролі інтерактивності як ключової характеристики мультимедійних систем. У роботі [1] показано, що інтерактивні функції онлайн-медіа суттєво впливають на залучення аудиторії та визначають ефективність цифрового контенту. Питання створення інтерактивного мультимедійного контенту розглянуто в [2], де акцент зроблено на інтеграції відео, графіки та інтерактивних елементів, однак механізми взаємодії користувача з контентом залишаються недостатньо формалізованими. Дослідження [3] доводить, що інтерактивність у стрімінгових середовищах безпосередньо впливає на рівень залучення користувачів, тоді як у [4] показано розширення цифрового медіапростору до багатовимірних інтерактивних систем у VR-середовищах. У роботі [5] обґрунтовано перехід від пасивного споживання мультимедіа до активної взаємодії користувача з контентом.

Отже, існуючі дослідження охоплюють окремі аспекти інтерактивності мультимедійних систем, однак відсутня узагальнена модель, яка б системно описувала взаємодію користувача з мультимедійним контентом у цифровому медіапросторі. Це зумовлює необхідність розроблення інтегрованого підходу до організації інтерактивних мультимедійних технологій.

Розв'язання проблеми. Для усунення виявлених обмежень запропоновано підхід, що базується на введенні поняття *інтерактивно-подієвого мультимедійного середовища*, яке розглядається як узагальнена модель організації цифрового медіапростору. У межах цього підходу мультимедійний контент, інтерфейс користувача та механізми обробки даних інтегруються в єдину систему, функціонування якої визначається подіями взаємодії.

Інтерактивно-подієве мультимедійне середовище передбачає, що будь-яка дія користувача (вибір, навігація, реакція, керування відтворенням) інтерпретується як подія, яка ініціює зміну стану системи. На відміну від традиційних мультимедійних систем, де контент відображається за наперед визначеним сценарієм, у запропонованому підході структура та спосіб подання інформації динамічно змінюються відповідно до потоку подій.

Структурно така система включає кілька взаємопов'язаних компонентів: користувача як джерело подій, інтерфейс як середовище взаємодії, мультимедійний контент як об'єкт відображення та модуль обробки, що забезпечує інтерпретацію подій і формування відповідної реакції системи. Взаємодія між компонентами реалізується у вигляді циклу «подія – обробка – оновлення – відображення», що забезпечує безперервну адаптацію мультимедійного середовища. Особливістю запропонованого підходу є орієнтація на динамічну зміну параметрів відображення мультимедійного контенту, зокрема його структури, рівня деталізації та способу візуалізації. Це дозволяє підвищити ефективність сприйняття інформації, зменшити когнітивне навантаження на користувача та забезпечити більш гнучку взаємодію з інформаційними потоками в умовах цифрового медіапростору.

Запропонована модель створює основу для побудови інтерактивних мультимедійних систем, у яких користувач виступає активним елементом управління інформаційним середовищем, а мультимедіа — не лише засобом відображення, а й інструментом динамічної взаємодії (рис. 1).



Рис. 1 – Концептуальна модель інтерактивно-подієвого мультимедійного середовища

Функціонування інтерактивно-подієвого мультимедійного середовища реалізується у вигляді циклічного алгоритму взаємодії, що забезпечує обробку подій користувача та динамічне оновлення мультимедійного контенту (рис.2). Алгоритм описує послідовність перетворення дій користувача у зміни інформаційного середовища та формує основу для реалізації інтерактивних мультимедійних систем.

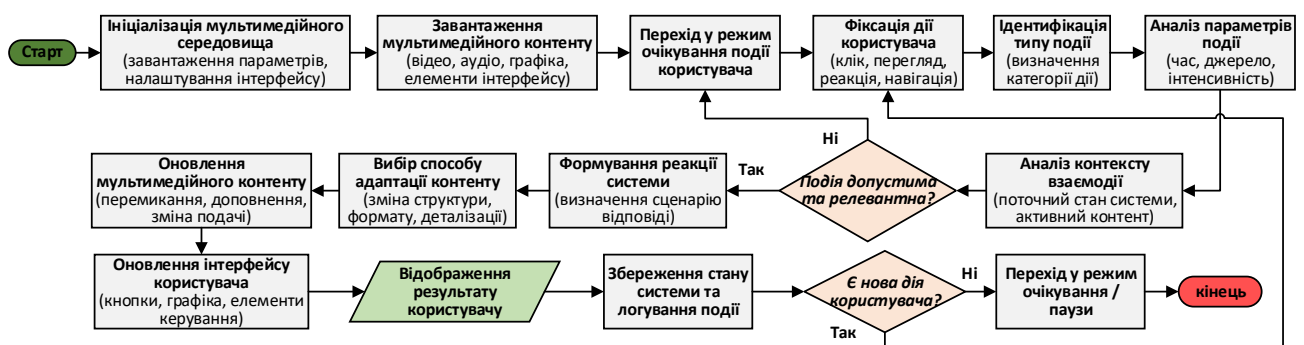


Рис. 2 – Алгоритм взаємодії в інтерактивно-подієвому мультимедійному середовищі

На першому етапі відбувається генерація події, яка ініціюється дією користувача. Це можуть бути кліки, перегляд контенту, навігаційні дії або реакції, що фіксуються інтерфейсом системи як вхідні сигнали. Далі здійснюється обробка події, у межах якої система аналізує її тип, контекст та параметри взаємодії. Наступним етапом є визначення дії, тобто вибір відповідної реакції системи на основі обробленої події. На цьому етапі формується рішення щодо зміни стану мультимедійного середовища, зокрема параметрів контенту або інтерфейсу. Після цього виконується зміна мультимедійного контенту, яка може включати оновлення структури відображення, зміну рівня деталізації, перемикання між типами контенту або адаптацію способу подачі інформації. Завершальним етапом є відображення оновленого контенту користувачу, що формує зворотний зв'язок і забезпечує безперервність процесу взаємодії. Таким чином, алгоритм реалізує замкнений цикл «подія – обробка – рішення – оновлення – відображення», який повторюється при кожній новій дії користувача.

Запропонований алгоритм забезпечує динамічну адаптацію мультимедійного середовища до поведінки користувача та дозволяє підвищити ефективність взаємодії в цифровому медіапросторі за рахунок оперативної реакції системи на події.

У межах інтерактивно-подієвого мультимедійного середовища візуалізація виступає не лише засобом відображення інформації, а й активним елементом взаємодії. Графічні компоненти та інтерактивні панелі забезпечують динамічне представлення даних і дозволяють користувачу безпосередньо впливати на їх відображення. Особливу роль відіграють дашборди, що інтегрують різні типи контенту в єдине середовище та забезпечують оновлення в режимі реального часу відповідно до дій користувача. Це підвищує наочність інформації та ефективність її інтерпретації.

Запропонований підхід може застосовуватися у стрімінгових платформах, соціальних медіа, освітніх та аналітичних системах, забезпечуючи адаптивну взаємодію та підтримку прийняття рішень. Таким чином, інтерактивно-подієва модель має універсальний характер і є ефективною основою організації сучасних мультимедійних систем.

Висновки. Інтерактивні мультимедійні технології є ключовим фактором розвитку сучасного цифрового медіапростору, забезпечуючи перехід від статичного подання інформації до динамічних середовищ взаємодії. В умовах зростання обсягів мультимедійного контенту ефективність інформаційних систем визначається здатністю адаптувати структуру, форму та спосіб представлення даних відповідно до дій користувача. Інтерактивно-подієвий підхід дозволяє розглядати мультимедійне середовище як цілісну систему, у якій процеси обробки, візуалізації та взаємодії інтегруються в єдиний функціональний цикл. Така організація забезпечує безперервну адаптацію контенту, підвищує наочність інформації та сприяє зменшенню когнітивного навантаження під час роботи з мультимедійними потоками.

Запропонована модель і алгоритм взаємодії формують основу для побудови інтерактивних систем, орієнтованих на подієву обробку та динамічне оновлення інформаційного середовища. Реалізація цього підходу дозволяє підвищити ефективність взаємодії користувача з цифровими платформами, забезпечити оперативну реакцію системи та розширити функціональні можливості мультимедійних інтерфейсів.

Практична значущість підходу проявляється у можливості його застосування в стрімінгових сервісах, соціальних медіа, освітніх платформах та інформаційно-аналітичних системах. Подальший розвиток пов'язаний із інтеграцією адаптивних механізмів, технологій штучного інтелекту та розширенням можливостей інтерактивної візуалізації в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] D. Zagorulko, "Engaging the Audience: Interactive Features in Ukrainian Online Media," *Current Issues of Mass Communication*, no. 35, pp. 90–102, 2024. doi: 10.17721/cimc.2024.35.90-102.
- [2] O. S. Yevsieiev and Ye. M. Hrabovskyi, "Content Creation for Interactive Multimedia Projects Based on Artificial Intelligence," *Science, Technologies, Innovations*, no. 3(31), pp. 91–98, 2024. doi: 10.35668/2520-6524-2024-3-10.
- [3] J. Lv, C. Cao, Q. Xu, L. Ni, X. Shao, and Y. Shi, "How Live Streaming Interactions and Their Visual Stimuli Affect Users' Sustained Engagement Behaviour—A Comparative Experiment Using Live and Virtual Live Streaming," *Sustainability*, vol. 14, no. 14, p. 8907, 2022. doi: 10.3390/su14148907.
- [4] L. Wu, Q. Liu, J. Zhao, and E. Lank, "Interactions across Displays and Space: A Study of Virtual Reality Streaming Practices on Twitch," *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, vol. 7, no. ISS, pp. 242–265, 2023. doi: 10.1145/3626473.
- [5] T. Murakami, K. Fujita, K. Hara, K. Takashima, and Y. Kitamura, "SwapVid: Integrating Video Viewing and Document Exploration with Direct Manipulation," in *Proc. CHI Conf. Human Factors in Computing Systems (CHI '24)*, New York, NY, USA: ACM, 2024, Article 1035, pp. 1–13. doi: 10.1145/3613904.3642515.

УДК. 316.7

СПІВВІДНОШЕННЯ ПОНЯТЬ «МАГІЯ», «ВІРА» І «РЕЛІГІЯ» У СУЧАСНІЙ МАСОВІЙ КУЛЬТУРІ НА ПРИКЛАДІ ФЕНТЕЗІЙНИХ ВІДЕОІГОР

РОЖКОВ О.О. (smouzhiksamotnik@gmail.com)
Uniwersytet Warszawski, wydział «Artes Liberales»

Анотація. Текст аналізує походження та специфіку уявлень про магію, релігію і віру у відеоіграх, показуючи їхнє коріння в західній езотеричній традиції як спадкоємці антропологічного дискурсу XIX–XX ст. Автор розглядає, як через вплив *Dungeons & Dragons* і філософії «магії хаосу» в іграх сформувалося поняття магії як природної, утилітарної сили, відокремленої від релігії. На підставі корпусу з 19 ігрових серій і окремих ігор підкреслюється неоплатонічний характер онтологій розглянутих відеоігрових світів, а також зумовлені цим особливості статусу богів і ставлення вірян до них. Окремо наголошується на наявності панпсихічних мотивів, що відповідає постмодерністському переосмисленню сакрального в межах «розважального гнозису». Отже, стаття підтверджує й уточнює низку висновків Ларса де Вільдта, інтерпретуючи відеоігри як простір «тимчасової магичної віри для всіх».

Перш ніж розглядати відеоігрову ілюстрацію співвідношення «магії», «релігії» та «віри», необхідно зазначити принциповий нюанс: розмежування між «магією» і «релігією» має сенс передусім у просторі попкультурних текстів, що ґрунтуються на моделі, запозиченій із західної езотерики. Остання, своєю чергою, сприйняла це розмежування з антропології кінця XIX — початку XX ст., яка перебувала під впливом протестантського поділу між «забобонами» і «чистою вірою», тобто розрізнення легітимних і нелегітимних релігійних практик [1].

Відеоігри значною мірою засвоїли розуміння магії через *Dungeons & Dragons*. Її розробники, з одного боку, надихалися творами М. Муркока, який перебував під впливом англійської «магії Хаосу», елементи якої простежуються вже в езотеричному культі «Зос-Кіа» [2]. З другого боку, важливою була концепція «мани», популярна у США 1950-х рр., особливо в студентському середовищі Каліфорнії [3].

Основна ідея культу «Зос-Кіа» полягала в тому, що свідомо психіка пригнічує несвідому частину, визначаючи сприйману людиною реальність. Оскільки несвідоме розумілося як джерело магичної сили, звідси випливала необхідність психоемоційного контролю, зокрема створення сигіл як «алфавіту бажань». Пізніше А. Кроулі визначив магію як «науку і мистецтво викликати зміни відповідно до Волі», з чого випливав тезис, що всі навмисні дії можуть розглядатися як акти магії [4]. З таких уявлень виникла «магія хаосу». Її головний ідеолог П. Керрол заперечував обов'язкову значущість попередніх традицій, трактуючи їх як інструментальні, і стверджував тимчасовість та мінливість «віри» [4].

Отже, «хаосити» перетворили магію на чистий інструмент, прагнучи позбавити її теологізму. Боги в такій системі стають не абсолютними трансцендентними суб'єктами, а радше декоративними або психічними акторами в межах єдиного світу, де «чаклун» маніпулює безособовою Волею. Тому підстави для «реакції на розчаклування світу», про яку писав В. Ганеграф, містилися вже в самих наративах розчаклованого світу [5].

У *Dungeons & Dragons* магія набуває знайомого для відеоігор вигляду: існує певна енергія, що пронизує світ і може використовуватися через техніку, наполегливість або звернення до божественних і духовних суб'єктів. У сетингу «Забутих Королівств» посередником між енергією і чаклуном виступає «плетиво» — структури, що змінюються під дією заклять. Закляття, еліксири, посохи та інші магичні елементи мають утилітарний характер. У геймплеї магія постає передусім як механіка, що за певних умов дає певні результати.

Для аналізу репрезентації магії у фентезійних іграх було використано власний контент-аналіз 18 ігор і серій, які були відібрані зі списку значущих ігор із релігійним контентом, виявленого під час власного пілотного соціального експерименту 2022 р. [6], із вилученням нефентезійних і «рефлексивно-релігійних» проєктів.

Спостереження показують, що в розглянутих іграх повторюються подібні моделі внутрішньоігрової онтології, яка легітимізує магію. Майже ніколи не трапляється акт створення світу Богом «з нічого». Значно частіше представлені самовиникнення світу, пронизаного магичною або психічною енергією; взаємодія первинної діади, що породжує еманції; еманція світу з Єдиного; або свідоме залишення онтології у статусі «Таємниці». Тому магичні світи фентезійних ігор найчастіше мають пантеїстичний характер.

У такій онтології магія виступає як природний елемент системи — енергія, що існує з моменту народження світу. Вона може співіснувати з матерією як одна з первинних «тканин», бути еманційною енергією «божественної присутності» або походити від штучних артефактів і стихій. Її основні риси — інструменталізм, утилітаризм, механістичність, фактична відірваність від релігії, природність і теоскептицизм. Останній означає, що боги не є абсолютно всемогутніми, а постають як вищі рівні еманції або психофеномени.

У низці ігор інтенційні акти можуть «приводити феномен до буття», а обожнення сутності підвищує її онтологічний статус. Звідси випливає, що віра може бути або каталізатором магичних практик, або онтологізатором, який надає силу богам, сутностям і навіть самій реальності. Проте це стосується передусім тих світів, де магія пов'язана із суб'єктом і його свідомістю. В інших випадках вона постає як енергія або почуття, яке можуть експлуатувати релігійні інститути.

Релігійні інститути в таких іграх зазвичай представлені функціонально: вони обмежують магичні практики, формують соціальний порядок, виступають посередниками між Богом і світом

або підсилюють шановане божество через віру послідовників. Ці моделі визначають і спектр внутрішньоігрових теологій: від анімістичних і політеїстичних культів, культів матері-землі, предків і заступників до вшанування безособових принципів — світла, сили, хаосу, порядку або волі. Культ єдиного Бога-Творця трапляється рідко; якщо вони з'являються, то Творець або включений у світ, або постає як бездіяльна Причина.

Отже, фентезійні ігри виразно розрізняють релігійне вшанування і магічну практику. Магія постає як спосіб експлуатації законів ігрового світу, що не потребує релігійного ставлення до надприродних істот. Релігія ж розуміється як сфера відносин, інститутів і культу. Така модель відповідає західноєвропейському поділу, сформованому під впливом протестантизму й пієтизму, але подається з позиції «засуджених», оскільки значна частина наративу була перейнята від англійських магів-хаоситів.

Саме тут важливим є тезис де Вільдта: відеоігри стають простором тимчасового «релігійного сповідання», де гравець через аватара може на короткий час прийняти іншу віру [7]. Однак точніше говорити про «магічне сповідання»: гравець радше приймає віру в технічну можливість магічної інтеракції зі світом, ніж справжню релігійну віру як ставлення до божественної сутності. У цьому сенсі відеоігри пропонують не стільки релігійну конверсію, скільки тимчасове прийняття правил магічної онтології.

Звідси випливає, що відеоігри пропонують широкий спектр постмодерністських переосмислень реальних культів, церков і вчень [8], надаючи магії та релігії психологічного або соціально-інтерсуб'єктивного характеру. Вони знижують «поріг доступу» до знань, долучаючи гравця до «розважального гнозису» С. Ауперса [9], натуралізують магію і представляють релігійні інститути критично та функціонально, що підтверджує тезис Бейнбриджа [10]. Тому доповнений через Бейнбриджа, Ауперса і Штеффена тезис Л. де Вільдта про те, що розробники пропонують у відеоіграх «релігію для всіх», засновану на масово-культурних уявленнях про релігію [7], можна вважати підтвердженим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. R. Styers, *Making Magic: Religion, Magic and Science in the Modern World*. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 2004.
2. P. Baker, *Austin Osman Spare: The Life & Legend of London's Lost Artist*. London, U.K.: Strange Attractor Press, 2011.
3. N. Besnier and M. Jolly, "How Mana Left the Pacific and Became a Video Game Mechanic," in *New Mana: Transformations of a Classic Concept in Pacific Languages and Cultures*, M. Tomlinson and T. P. Kāwika Tengan, Eds. Canberra, Australia: ANU Press, 2016, pp. 349–369.
4. B.-C. Otto, "The Illuminates of Thanateros and the Institutionalisation of Religious Individualisation," in *Religious Individualisation*, M. Stausberg and J. Rüpke, Eds. Bonn, Germany: DFG, 2020, pp. 759–796.
5. W. J. Hanegraaff, *Esotericism and the Academy: Rejected Knowledge in Western Culture*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2012.
6. О. О. Рожков, Комп'ютерні ігри як інформаційно-освітній ресурс формування уявлень молоді про релігію: дис. ... маг. богослов'я: 041. Луцьк, Україна: ВПБА, 2023.
7. L. de Wildt, *The Pop Theology of Videogames: Producing and Playing with Religion*. London, U.K.; New York, NY, USA: Routledge, 2023.
8. O. Steffen, *Level Up Religion: Einführung in die religionswissenschaftliche Digitalspielforschung*. Stuttgart, Germany: Kohlhammer Verlag, 2017.
9. L. de Wildt and S. Aupers, "Playing the Other: Role-playing Religion in Videogames," *European Journal of Cultural Studies*, vol. 21, pp. 867–884, 2018.
10. W. S. Bainbridge, *Dynamic Secularization: Information Technology and the Tension Between Religion and Science*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, 2017.

ТОЧКИ ПЕРЕТИНУ КІНЕМАТОГРАФА ТА ВІДЕОІГОР У СУЧАСНОМУ МЕДІАПРОСТОРИ

СІРЕНКО М. О. (maksym.sirenko99@gmail.com)

Київський національний університет театру, кіно і телебачення
імені І. К. Карпенка-Карого

У роботі проаналізовано зближення кінематографа та відеоігор, що є вагомою тенденцією сучасного медіапростору. Досліджено двосторонній процес: як інтеграцію ігрових технологій та естетичних аспектів у кіновиробництво, так і залучення кінематографічних засобів виразності до створення відеоігор. Розглянуто приклади успішних крос-медійних адаптацій, синергію фахівців обох сфер та специфіку творів віртуальної реальності (VR). Встановлено, що така взаємодія індустрій забезпечує втілення оригінальних ідей, історій та художніх рішень, а також відкриває нові перспективи для аудіовізуального мистецтва та виробництва.

Постановка проблеми. Тенденція до зближення та поєднання різних видів мистецтва є фундаментальною складовою сучасного медіапростору. Особливо виразно цей напрям проявляється у взаємодії між кінематографом і відеоіграми. Активно відбувається процес гейміфікації кіно, що охоплює виробничі та естетичні аспекти. Натомість відеоігрова індустрія систематично залучає художні прийоми з фільмів, щоб досягти високого рівня кінематографічності власних творів.

Мета дослідження. Відтак виникає необхідність виявити ключові точки перетину обох сфер та окреслити специфіку цього явища.

Перелік вирішених завдань. Для досягнення поставленої мети у роботі вирішено такі завдання:

- аналіз впливу ігрових рушіїв і технологій віртуального виробництва на сучасний кінопроцес;
- виявлення ключових естетичних і наративних запозичень у взаємодії кінематографа та відеоігор;
- дослідження ролі міжгалузевої спільної роботи фахівців та визначення характерних рис взаємних адаптацій художніх творів;
- окреслення особливостей мистецтва у віртуальній реальності як результату синтезу кінематографічних та ігрових технік.

Виклад основного дослідження. Кінематографісти активно використовують комп'ютерні інструменти у виробництві стрічок. Технологія захоплення руху (motion capture), зйомка на кольоровому тлі (chroma keying), комп'ютерна графіка (CGI), візуальні ефекти (VFX) – ці засоби давно стали стандартними у кіновиробництві. Наразі велика кількість картин створюється за допомогою віртуального продакшну (virtual production). Автори фільмів мають змогу повністю перенести знімальний процес у павільйон, де на масштабні світлодіодні екрани (LED volume) проєктуються цифрові фони, створені за логікою відеоігор. Крім того, з'явилися нові можливості у попередній візуалізації сцен (previs), створенні цифрових двійників (digital humans), креативному використанні штучного інтелекту (artificial intelligence), підготовці локацій (virtual location scouting), зйомці віртуальними камерами (virtual camera) тощо. Усі ці новації стали можливими завдяки широкому залученню в кіноіндустрію ігрових рушіїв (наприклад, Unreal Engine чи Unity), які є центральним компонентом сучасного віртуального виробництва.

Дослідниця цифрової естетики Крістен Коулман у своїй праці детально проаналізувала інтеграцію ігрових рушіїв в екранне виробництво та зазначила, що інновації фактично стирають межі між кіно та відеоіграми. Головна перевага цієї інтеграції полягає у значній демократизації віртуального продакшну. Ігрові технології пропонують кінематографістам засоби для швидкого створення цифрових ресурсів, миттєвий результат (рендеринг у реальному часі), доступ до великих баз із готовими 3D-моделями тощо. Завдяки цьому зникають суттєві обмеження, такі як висока вартість виробництва чи потреба у спеціальних знаннях із програмування. Архітектура ігрових рушіїв, яка спочатку розроблялася суто для відеоігор (рендеринг графіки, фізичні

симуляції, складні системи анімації та освітлення), сьогодні формує повноцінний кіновиробничий інструментарій. Відбувається гейміфікація знімального процесу. Митці мають змогу вільно експериментувати та поєднувати ефект занурення і технологічну базу відеоігор з естетикою та наративною глибиною кінематографа [1].

Помітна кількість стрічок створена за технологіями віртуального виробництва: фільми із серій «Дюна», «Аватар», «Зоряні війни» тощо; супергеройські картини від студій Marvel і DC; фентезійні фільми від Walt Disney Pictures і DreamWorks Animation; та низка інших проєктів. Використання технічного ігрового інструментарію у таких фільмах забезпечило режисерам створення оригінальних фантастичних світів, переконливу візуальну складову та глядацький успіх картин.

Окрім технологічної складової, кінематографісти також використовують естетичні концепції з відеоігор. До них належать специфічні точки зйомки, як-от суб'єктивний погляд (камера від «першої» особи) чи зйомка позаду голови героя (камера від «третьої» особи); прийом довгого кадру, коли камера слідує за героєм без видимих монтажних склейок (імітація безперервного ігрового процесу); оригінальні методи подачі історії (кіноепізод можна розглядати як рівень у грі); експерименти з інтерактивністю (глядачу надана можливість обрати подальший розвиток сюжету). Ці та інші прийоми мають на меті забезпечити ефект глибокого занурення у кінокартину, який є специфічною ознакою відеоігор. Масштабними втіленнями цих тенденцій є фільми Едгара Райта «Скотт Пілігрим проти світу» (2010 р.) та Стівена Спілберга «Першому гравцю приготуватися» (2018 р.), що повністю зосереджені на культурі геймінгу і яскраво демонструють ігрову естетику на великому екрані.

З початком XXI століття в кіноіндустрії спостерігається постійний інтерес до екранізації відеоігор. У такий спосіб кінодіячі шукають нові підходи, форми та історії для залучення масового глядача, оскільки відеоігри є одним із найактуальніших феноменів сучасної культури. Серед останніх вдалих екранізацій варто згадати серіали «Останні з нас» (з 2023 р.) та «Фоллаут» (з 2024 р.), які отримали широке схвалення як від глядачів, так і від критиків. Такі повнометражні фільми, як «Uncharted: Незвідане» (2022 р.), «Minecraft» (2025 р.), серія стрічок «Іжак Сонік» (з 2020 р.), мали великий успіх у кінопрокаті та продемонстрували високі касові збори. Анімаційні адаптації ігор наразі так само користуються глядацькою популярністю: фільм «Брати Супер Маріо в кіно» (2023 р.) та його продовження (2026 р.); мультсеріали «Аркейн» (з 2021 р. по 2024 р.), «Секретний рівень» (з 2024 р.), «Cyberpunk: Edgerunners» (з 2022 р.), «Devil May Cry» (з 2025 р.); а також багато інших релізів. Сьогодні екранізація відеоігор є вкрай затребуваним напрямом, і його актуальність буде лише зростати.

Зі свого боку фахівці відеоігрової індустрії широко користуються кінематографічними прийомами створення аудіовізуального образу. Монтаж, багаторівневий сценарій, закони операторського мистецтва, складна робота зі звуком, побудова віртуальної мізансцени, цифрове втілення акторської гри, створення контрапунктів тощо – всі ці аспекти зближують та взаємопов'язують ігри й кіно. До найбільш кінематографічних сучасних відеоігор можна віднести «Detroit: Become Human» (2018 р.), «Red Dead Redemption 2» (2018 р.), «The Last of Us Part II» (2020 р.), «God of War: Ragnarök» (2022 р.), «Alan Wake 2» (2023 р.), «Senua's Saga: Hellblade II» (2024 р.), «Clair Obscur: Expedition 33» (2025 р.), «Death Stranding 2: On the Beach» (2025 р.), «Resident Evil Requiem» (2026 р.) та інші твори. В усіх цих прикладах автори продемонстрували високий рівень володіння драматургією та кіноприйомами і вкотре довели, що відеоігри є повноцінним видом мистецтва. Для залучення нової аудиторії регулярно створюються ігри на основі кінофільмів: «Avatar: Frontiers of Pandora» (2023 р.), «RoboCop: Rogue City» (2023 р.), «Indiana Jones and the Great Circle» (2024 р.) тощо. Унікальним проєктом є відеогра «Immortality» (2022 р.), що цілком виконана в парадигмі кіноестетики (реально зняті епізоди з живими акторами), а її сюжет розкривається через приховані сцени, які гравець знаходить, маніпулюючи кадрами з фільмів і телеінтерв'ю. Розробники відеоігор черпають з кіномистецтва натхнення, сюжети та естетику, що забезпечує їм переконливий художній результат і визнання гравців.

Кінознавець Джошуа Екерс визначив вплив кіно на відеоігри через концепцію «кінематографізації» – стійкої тенденції до ускладнення ігрової графіки та наративів. Це означає, що ігри не тільки виглядають, але й сприймаються більш кінематографічно. Сучасні відеоігри не

просто копіюють успішні фільми, а осмислено інтегрують перевірені інструменти класичного кіно. Ігрова індустрія широко запозичує складні драматичні сюжети, специфіку жанрів, креативну роботу з віртуальною камерою, освітлення, техніки оповіді через оточення та кінематографічну постановку у кат-сценах. Таким чином, ігровий процес перетворюється на повноцінний кінодосвід, де емоційна та візуальна глибина кінематографа органічно доповнюється безпосередньою активною участю гравця [2].

Яскравим свідченням перетину кіно та відеоігор є те, що сьогодні фахівці обох індустрій дедалі частіше працюють разом. Запрошення визнаних кіноакторів до участі у відеоігрових проєктах стало поширеною практикою. За допомогою технології захоплення акторської гри створені віртуальні персонажі наділяються автентичністю, психологічною глибиною та впізнаваністю реальних виконавців. До найцікавіших акторських перевтілень належать роботи Віллема Дефо та Елліота Пейджа у «Beyond: Two Souls» (2013 р.); Кіану Рівза та Ідріса Ельбі у «Cyberpunk 2077» (2020 р.) та «Cyberpunk 2077: Phantom Liberty» (2023 р.) відповідно; Нормана Рідуса, Леї Сейду, Мадса Міккельсена, Ель Феннінг та інших у серії ігор «Death Stranding» (з 2019 р.). Відомі кінокомпозитори пишуть музику до відеоігор, виводячи їх на новий мистецький рівень, як-от Ганс Циммер для «Dragon Age: The Veilguard» (2024 р.) або Густаво Сантаолаля для двох частин «The Last of Us» (2013 та 2020 рр.). Самобутні автори-постановники у різний час і спосіб працювали у двох галузях: Пітер Джексон, Юсеф Фарес, Ніл Дракманн, Джеймс Ганн, Джон Карпентер, Стівен Спілберг та багато інших митців. Така синергія талантів дозволяє реалізовувати новаторські ідеї та задуми в обох сферах.

Внаслідок синтезу кінематографічних та ігрових технік виник специфічний вимір мистецтва – твори у просторі віртуальної реальності (VR). У цьому форматі зникає традиційний екран, тому активний глядач неначе опиняється всередині реальних або вигаданих подій. Поєднання режисерського задуму з імерсивністю, інтерактивністю та певною свободою учасників забезпечує абсолютно новий мистецький досвід.

Висновки. Отже, кінематограф та відеоігри перетинаються на технологічному, естетичному, наративному та професійному рівнях. Обидві галузі інтенсивно обмінюються художніми прийомами і водночас зберігають власні специфічні риси. Таке зближення індустрій дозволяє втілювати непересічні історії та авторські ідеї, а також залучати нову аудиторію. Це явище стрімко розвивається і має широкі перспективи, що робить його актуальним і важливим напрямом для подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] K. Coleman, "Sonny: The Unreal Affordances of Real-Time Game Engine Technologies for Screen Production," in Beyond Virtual Production. London, U.K.: Focal Press, 2025, pp. 182–191. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4324/9781003449492-16>
- [2] J. D. Ekers, "The Cinemafication of Video Games: An Examination of the Effect of Medium on Genre Through the Comparison of Films and Video Games," Ph.D. dissertation, Concordia Univ., Montreal, QC, Canada, 2024. [Online]. Available: https://spectrum.library.concordia.ca/id/eprint/994464/1/Ekers_MA_F2024.pdf

Розділ 3.

Бізнес (бізнес-моделі, монетизація, маркетинг та реклама в геймдеві, азартні ігри)

UDC 331.101.3:[640.43:004.41]

INTEGRATION OF GAMIFICATION INTO POINT OF SERVICE SYSTEMS FOR ENHANCEMENT OF STAFF PERFORMANCE

AKCHAKAIA K. (xdkadiraxd@gmail.com)

LISHCHYNSKA L. B. (llb@vntu.edu.ua)

Vinnitsia National Technical University

This paper proposes integrating gamification mechanics into modern Point of Service (POS) systems. By applying principles of behavioural psychology and operant conditioning to user interface design, the study outlines methods to mitigate operational errors, reduce cognitive load, and enhance staff productivity and morale within the high-stress food service industry.

The food service industry is characterized by high-stress operational environments, rapid employee turnover, and the persistent risk of human error during peak dining hours [1]. Traditional POS systems, while functionally robust in managing transactions and inventory, are strictly utilitarian in their design. They rely entirely on the intrinsic motivation and sustained cognitive focus of the staff. During periods of high demand, this utilitarian design contributes to routine fatigue and cognitive overload, leading to an increase in operational errors.

Consequently, there is an opportunity to transition POS software from passive tools of bookkeeping into active, engaging interfaces. By organically motivating and guiding employee behaviour, as well as providing real-time feedback to the employees, these systems can highlight their progress and mastery.

The purpose of this paper is to improve the profitability of restaurants and cafes, as well as to reduce turnover rates, by integrating gamification into POS systems. By embedding these mechanics into the software interface that staff interact with most frequently during their shifts, this approach aims to organically motivate employees, enhance overall productivity, and reduce fatigue-driven operational errors.

The theoretical foundation for integrating gamification into POS systems relies heavily on Self-Determination Theory (SDT), which posits that human motivation is driven by the need for competence, autonomy, and relatedness [2]. By introducing micro-rewards, such as “Experience Points” (XP) for completing specific work-related tasks, the system provides immediate reinforcement. This application of operant conditioning not only ensures that desirable operational behaviours are met with positive visual feedback, but also fulfills the SDT need for competence, allowing employees to track their progress. Furthermore, recent empirical literature demonstrates that such gamified frameworks directly correlate with enhanced employee output and overall sales performance [3]. This approach actively shifts the employee's perception of the software from a monotonous, transactional obligation into an interactive, rewarding task environment [4].

In addition to individual task reinforcement, the gamified ecosystem can be expanded to include social and tangible mechanics. However, traditional approaches to workplace gamification often rely on individualistic leaderboards, which pose a significant risk to teamwork and cooperation. Research demonstrates that individualized competition can inadvertently cause toxic work environments, increase anxiety, and damage peer relationships, particularly among lower-performing staff [5]. Furthermore, through the lens of SDT, Sailer et al. established that while individual leaderboards effectively fulfill the psychological need for competence, they fail to satisfy relatedness unless cooperative, team-based mechanics are explicitly integrated [6].

To mitigate these risks, this paper proposes the introduction of cooperative leaderboards designed to promote an environment of collective achievement. This approach directly addresses the SDT need for relatedness by uniting employees under shared goals. Rather than isolating staff through zero-sum competition, these structures track team-based metrics, such as aggregate peak-hour wait times, collective table turnovers, and shift-wide customer satisfaction scores.

To sustain long-term engagement without undermining intrinsic motivation, and to serve as a psychological uplift during periods of high stress, supplementary tangible incentives can be implemented. By rewarding collective milestones with material rewards like priority scheduling or financial bonuses, management can solidify the perceived value of the system while preserving a healthy, cooperative work environment.

The foundational mechanics of the proposed gamification framework do not necessitate novel data collection infrastructure. Modern POS systems and ecosystems already passively log highly detailed operational telemetry, such as timestamped order creation, modification intervals, and fulfillment rates [7]. The primary operational deficit in traditional systems lies not in data scarcity, but in the absence of a feedback loop. Despite continuously tracking these performance indicators, standard POS software rarely uses this data for employee feedback.

Architecturally, the deployment of gamification can take several adaptable forms to suit the specific needs of the establishment. Integration can range from directly embedding visual indicators into the primary POS interface to utilizing toggleable screen overlays. Alternatively, the system can introduce decoupled auxiliary platforms, such as companion mobile applications or dedicated web portals. These auxiliary surfaces are particularly advantageous, as they allow employees to access their performance profiles away from the terminals, or even off-site. Thus, decoupled platforms facilitate the introduction of expanded gamified interactions that employees can track and complete at their discretion, promoting engagement outside of active transaction windows. This approach would allow for the gamification of nearly all operational duties.

To quantify this performance, the backend system should utilize algorithms to calculate XP distribution and establish baseline progression thresholds. However, relying solely on rigid algorithms can negatively affect operational flexibility. Therefore, the system architecture should grant management manual control over these gamified parameters. Providing managers with the tools to manually calibrate level-scaling algorithms, adjust XP yields for specific behaviours, or customize the requirements for individual rewards ensures that the gamified ecosystem remains highly adaptable to a variety of situations.

In conclusion, integrating gamification into POS systems offers a highly viable pathway for solving human resources issues and improving profitability within the service sector. By utilizing passively collected operational telemetry, POS system developers can deploy these mechanics as modular overlays, circumventing the need for high-risk core architectural rewrites. Crucially, designing this integration in Self-Determination Theory, specifically through the use of cooperative leaderboards and decoupled auxiliary platforms mitigates the risks of toxic individualism while fulfilling the core psychological needs of competence, autonomy and relatedness. Furthermore, providing management with manual calibration tools ensures the system remains adaptable to fluctuating operational demands.

The integration of these gamified layers into POS systems provides a practical method to sustain mental endurance and increase staff morale. By shifting the software from a static logging tool to an interactive environment, establishments can proactively address cognitive fatigue and operational errors, which results in increased revenue and reduced costs.

REFERENCES

1. S. Sørensen, "Employee Motivation at the Workplace of Café Norden," Thesis, Tampere University of Applied Sciences, 2021. [Online]. Available: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/511367/Sorensen_Simon.pdf
2. X. Zhang, J. Wang, Y. Zhu, and Z. Ding, "Gamified human resource management as a driver of employee engagement through intrinsic motivation," *Frontiers in Psychology*, vol. 16, Jan. 2026. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1746973>
3. W. H. A. M. Ahmed, "The Impact of Gamification on Sales Performance: A New Approach to Increasing Sales Volume," ResearchGate, Publication 395391197. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/395391197>

4. K. Akchakaia, "Роль гейміфікації в сучасній освіті: запровадження балів досвіду та рівнів майстерності," Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, 2024. [Online]. Available: https://ontu.edu.ua/download/konfi/2024/Abstracts_Computer_games_and_multimedia_innovative_approach_electronic_communication_2024.pdf
5. E. R. Mollick and N. Rothbard, "Mandatory fun: Consent, gamification and the impact of games at work," The Wharton School research paper series, 2014. [Online]. Available: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2277103
6. M. Sailer, J. U. Hense, S. K. Mayr, and H. Mandl, "How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction," Computers in Human Behavior, vol. 69, pp. 371-380, 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074756321630855X>
7. K. Akchakaia and L. B. Lishchynska, "Analysis of Requirements for Creating a Point of Service System for Restaurants and Cafes in Ukraine," Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, 2025. [Online]. Available: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2025/paper/view/23966/19900>

UDC 004.415.2:339.187.6

COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROACHES TO AUTOMATION OF PAYMENT CALCULATIONS IN MARKETPLACES

KRUSHELNYTSKYI A.V. (artemkr531@gmail.com), REYDA O.M. (reyda@vntu.edu.ua)
Vinnytsia National Technical University

The paper presents a comparative analysis of approaches to automating payment calculations in marketplace systems. The study examines rule-based engines, event-driven architectures, and AI-assisted methods. Key criteria for comparison include scalability, accuracy, integration complexity, and maintenance overhead. The proposed information-analytical system is evaluated in the context of existing solutions, and recommendations for its implementation are formulated.

Problem statement. The rapid growth of e-commerce and marketplace platforms has led to increasingly complex payment and payout structures. Sellers, affiliates, and logistics providers must receive accurate and timely financial settlements that reflect dynamic pricing rules, promotional discounts, return policies, and tax regulations. Manual or semi-automated approaches to payout calculation are error-prone and do not scale with transaction volumes that routinely exceed tens of thousands of operations per day. Therefore, the development of robust, automated information-analytical systems for marketplace payout modeling is both practically relevant and scientifically justified.

Analysis of existing solutions. Three principal automation paradigms are currently employed in commercial marketplace systems: (1) rule-based calculation engines; (2) event-driven microservice architectures; and (3) machine-learning-assisted forecasting modules. Rule-based engines encode business logic as deterministic condition-action pairs and offer high transparency and auditability, but require significant manual maintenance when pricing policies change frequently [1]. Event-driven systems decouple calculation triggers from processing logic, enabling asynchronous, fault-tolerant workflows suitable for high-throughput environments [2]. Machine-learning models can detect anomalies and predict payout discrepancies before settlement, yet they introduce interpretability challenges and demand large labeled datasets for reliable training [3].

Comparison criteria. To systematize the evaluation, five criteria are adopted: scalability (S), calculation accuracy (A), integration complexity (I), maintenance overhead (M), and auditability (Au). Let the overall quality index Q for approach k be defined as the weighted sum

$$Q(k) = w_1 \cdot S_k + w_2 \cdot A_k + w_3 \cdot I_k + w_4 \cdot M_k + w_5 \cdot A_{u,k}, \quad (1)$$

where $w_i \geq 0$ are normalized importance weights ($\sum w_i = 1$), and each criterion score belongs to the interval $[0, 1]$. Expression (1) provides a reproducible basis for ranking heterogeneous solutions under varying business priorities.

Proposed system. The developed information-analytical system integrates a hybrid architecture that combines a rule-based calculation kernel with an event-driven notification layer. The calculation kernel interprets a declarative policy specification format, allowing non-technical administrators to update payout rules without code changes. The event bus decouples order-completion signals from the settlement pipeline, guaranteeing at-least-once delivery semantics. An analytical dashboard presents real-time payout statistics, discrepancy reports, and trend forecasts generated from historical transaction data [4]. Compared with purely rule-based or purely ML-driven competitors, the hybrid design achieves higher scores on both scalability and auditability criteria in the experimental evaluation conducted on synthetic workloads of up to 50 000 transactions.

Conclusions. The comparative analysis demonstrates that no single automation paradigm universally outperforms the others across all evaluation criteria. Rule-based engines excel in auditability and regulatory compliance; event-driven architectures provide superior scalability and resilience; AI-assisted modules offer predictive capabilities at the cost of interpretability. The proposed hybrid system balances these trade-offs and achieves an aggregate quality index Q that exceeds each mono-paradigm baseline by at least 12 % under the adopted weight configuration. Future work should focus on formal verification of the policy specification language and integration with cross-border tax calculation APIs.

REFERENCES

- [1] T. Menzies and A. Marcus, "Automated rule-based systems for financial settlement in e-commerce platforms," in Proc. IEEE Int. Conf. Software Eng. (ICSE), Melbourne, Australia, 2020, pp. 112–123.
- [2] C. Richardson, *Microservices Patterns: With Examples in Java*. Shelter Island, NY, USA: Manning Publications, 2018.
- [3] J. Gama, I. Žliobaitė, A. Bifet, M. Pechenizkiy, and A. Bouchachia, "A survey on concept drift adaptation," *ACM Comput. Surv.*, vol. 46, no. 4, pp. 1–37, 2014.
- [4] Stripe, "Stripe Connect: Platform payouts documentation," Stripe Docs. [Online]. URL: <https://stripe.com/docs/connect/payouts> (Accessed: April 16, 2026).

УДК 004.9:330.34

ТРАНСФОРМАЦІЯ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ ГЕЙМДЕВУ: ЕКОНОМІКА «ТВОРЦЯ» ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ КОМУНІКАЦІЇ

БОЛТАЧ С.В., ЦИЩУК М.О.

(boltach.svetlana@gmail.com, kolyacyshyk@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет (Україна)

У роботі розглянуто перехід ігрової індустрії від закритих продуктів до відкритих екосистем на базі моделі Creator Economy. Визначено роль користувацького контенту (UGC) як ключового фактора залучення аудиторії та нових каналів брендової комунікації. Проаналізовано успішні кейси інтеграції творчих інструментів у ігрові платформи та сформульовано висновки щодо майбутнього розвитку ринку ігрових медіа.

У частині сегментів геймдев-ринку спостерігається зсув традиційних моделей монетизації. Класичні методи, такі як платний доступ (Premium) або агресивні мікротранзакції, викликають втому у користувачів та стагнацію ринку. Натомість на перший план виходить економіка «творця» (Creator Economy), де гравці перетворюються на розробників, а ігрові світи – на платформи для соціалізації та професійної реалізації. Тобто це нова форма комунікації, де межа між розробником, брендом та споживачем стає розмитою [1].

В роботі досліджено:

- механізми трансформації ігрових бізнес-моделей;
- найбільш ефективні платформи для реалізації творчого потенціалу користувачів;
- проаналізовано маловідомі та глобальні кейси впровадження UGC-економіки в сучасний цифровий простір.

Економіка творця – це екосистема, що дозволяє користувачам монетизувати свій талант за допомогою вбудованих інструментів ігрових платформ. У 2026 році це вже не просто аматорські модифікації, а потужна індустрія з капіталізацією в мільярди доларів.

Ключовим технологічним драйвером стала демократизація інструментарію. Наприклад, вихід Fortnite Creative 2.0 (UEFN) дозволив створювати ігри професійної якості всередині вже існуючої платформи. Це змінило комунікаційну стратегію, тепер бренди не купують рекламний банер, а замовляють створення цілого ігрового світу.

Серед найцікавіших кейсів сьогодні варто виділити наступні:

1. Zepeto платформа, яка починалася як сервіс 3D-аватарів, перетворилася на найбільший ринок цифрової моди. Дизайнери-початківці на Zepeto заробляють десятки тисяч доларів, створюючи лише віртуальний одяг для аватарів. Це приклад «мікро-бізнесу» всередині мультимедіа [2].

2. The Sandbox кейс, що демонструє перехід до володіння цифровими активами. Тут комунікація відбувається через архітектуру віртуальних просторів, де відомі бренди (від Gucci до Snoop Dogg) будують свої «агенції».

3. Mod.io інфраструктурне рішення, яке дозволяє навіть невеликим інді-студіям інтегрувати економіку творця у свої ігри. Модель стає доступною усьому ігровому простору [3].

Особливе місце посідає комунікація через співтворчість. Такі платформи як Roblox доводять, що соціальний капітал гравця напряду залежить від його вміння створювати контент. Це формує нове покоління «цифрових архітекторів», для яких ігрова логіка є мовою спілкування з аудиторією.

Бізнес-трансформація полягає в тому, що видавець ігри перетворюється на сервіс-провайдера. Він забезпечує безпеку транзакцій, хостинг та маркетинговий майданчик, отримуючи комісію з кожної угоди між творцем та покупцем. Це набагато стабільніша модель, оскільки вона підживлюється нескінченною фантазією спільноти, а не обмеженими ресурсами однієї студії [1].

Аналіз порівняння активності творців наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники економічної активності творців у 2025-2026 рр.

Платформа	Кількість активних творців (млн)	Тип основного доходу
Roblox	> 10	Продаж ігрових предметів та доступів
Fortnite (UEFN)	~ 2.5	Виплати за залучення аудиторії
Zepeto	> 3	Продаж цифрової моди (аватари)
Спеціалізовані UGC-моди	~ 1.2	Донати, спонсорство, підписки

Аналіз даних (табл. 1) свідчить про те, що ігровий простір стає найбільш диверсифікованим ринком для реалізації креативних навичок, випереджаючи навіть класичні соціальні мережі за рівнем залученості у виробничі процеси.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що трансформація бізнес-моделей у сторону Creator Economy не є випадковим трендом, а виступає відповіддю на глобальний запит суспільства щодо активної участі в цифровому житті. У ході дослідження визначено, що сучасні ігрові платформи перетворилися на складні економічні системи, де ігри перестають бути закритими продуктами, стаючи фундаментом для появи нових професій, таких як мета-дизайнери чи віртуальні модельєри [2]. При цьому економічна стійкість геймдеву безпосередньо залежить від якості інструментарію, зокрема UX/UI редакторів та систем дистрибуції, які надаються користувачам для творчості. Зрештою, така трансформація моделей веде до формування більш етичного ринку, де талант гравця має пряму грошову конвертацію, що стає сьогодні найкращим прикладом інноваційної комунікації [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] J. Radoff, "The Metaverse Value Chain," Building the Metaverse, vol. 4, no. 1, pp. 12–29, 2024.
 [2] M. Kim and S. Lee, "Virtual Fashion and the Creator Economy: A Case Study of Zepeto," International Journal of Digital Content Management, vol. 7, no. 2, pp. 102–115, 2025.

[3] Tech Trends Report 2026, "GameDev Industry Transformation: From Product to Platform," Insight Press, London, UK, 2025.

УДК 004.9:005.81:330.322

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

ГАВЕНКО О. В.¹(oleh.havenko.it@gmail.com),

БУРБЕЛО С. М.²(smburbelo@gmail.com), БЕВЗ С. В.²(bevz.svitlana.v@gmail.com)

¹Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

²Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, м. Житомир.

У роботі описано розробку інформаційної моделі та її реалізацію у вигляді програмного продукту для оцінювання ефективності стартап-проектів у сфері ігрової індустрії. Запропонована модель дозволяє розрахувати динамічну вартість залучення клієнтів (САС) на основі моделі кривої досвіду та інтегрувати ці дані у фінансовий план. Особливістю підходу є врахування як прямих грошових інвестицій, так і вартості часу розробника через прирівнювання інтелектуальної праці до капітальних витрат. Результатом моделювання є графіки окупності, що відображають динаміку доходу та часових затрат. За допомогою цих графіків визначено «точку перелому» (перевищення дохідності над ринковою вартістю спеціаліста) та «точку цільового прибутку» (досягнення цільового прибутку). Використання розробленого програмного продукту дає змогу комплексно оцінити ризики розробки та маркетингу стартапу на ранніх стадіях його життєвого циклу.

Постановка проблеми. Розробка та виведення на ринок ІТ-стартапу супроводжуються високим рівнем невизначеності, що зумовлює необхідність об'єктивної оцінки його ефективності на ранніх етапах. Специфікою стартапів, що створюються незалежними групами розробників, є реалізація проектів у межах обмеженого власного часового та фінансового капіталу. На відміну від корпоративних проектів, де бюджети на розробку та маркетингову підтримку часто є стабільними, незалежні команди стикаються з дефіцитом ресурсів. Це зумовлює ризик передчасного вичерпання активів до моменту досягнення точки беззбитковості [1]. Відтак, актуальним завданням є розробка програмного інструментарію для комплексної оцінки ефективності стартапу.

Існуючі інструменти для оцінки стартап-проектів можна класифікувати за трьома групами:

1. ERP та BI-системи корпоративного рівня – потужні рішення, що є фінансово недоступними для малих груп розробників та потребують великих масивів вхідних даних, які зазвичай відсутні на старті [2,3].

2. Онлайн-калькулятори Unit-економіки – вебзастосунки, недоліком яких є оперування статичними показниками. Зокрема, вони не враховують динамічне зниження показника САС (Customer Acquisition Cost) та вартість часу розробників [4].

3. Моделі на базі Excel/Google Sheets – переважно спрощені моделі, що мають низьку точність прогнозування.

Таким чином, розробка аналітичної моделі, яка враховує динамічну природу маркетингових витрат та часовий ресурс команди, є актуальним науково-практичним завданням.

Перелік вирішених завдань. Мета дослідження — підвищення ефективності управління ресурсами ІТ-стартапів в ігровій індустрії (GameDev) в умовах ринкової невизначеності шляхом розробки моделі автоматизації процесів прийняття рішень.

Проаналізовано проблему обмежених ресурсів та невизначеності при розробці ігрових проектів незалежними командами [5]. Визначено, що впровадження динамічних показників (зокрема САС, розрахованого за допомогою кривої досвіду) та врахування часового капіталу розробників суттєво підвищує точність оцінки стартапів. Розроблено та реалізовано у вигляді програмного продукту аналітичну модель, що дозволяє інтегрувати розрахунки вартості залучення клієнтів у загальний фінансовий план, прирівнюючи інтелектуальну працю до капітальних витрат.

Суть дослідження. В основі роботи лежить аналітична модель. На першому етапі здійснюється розрахунок САС на основі кривої досвіду. Його сутність полягає в тому, що при подвоєнні обсягу виробництва (або залучення клієнтів) витрати на одиницю продукції зменшуються на фіксований відсоток (10–30%) [6]. В ігровій індустрії закон досвіду чітко проявляється у сферах маркетингу та реклами. Він відображає закономірність, згідно з якою вартість залучення гравця (САС) є максимальною на старті та поступово зменшується з часом. Це зумовлено тим, що сучасні рекламні алгоритми побудовані на принципах машинного навчання, а розробники стартапу постійно отримують зворотний зв'язок і зростає впізнаваність стартапу.

$$C_n = C_1 * n^{-a} \quad (1)$$

де C_1 – вартість залучення 1-го клієнта;

C_n – вартість залучення n-го клієнта;

n – кількість клієнтів;

a – ступінь зниження витрат при подвоєнні кількості клієнтів.

Приклад розрахунку САС, на основі закону досвіду наведено на рис. 1.

На другому етапі модель забезпечує щоденний моніторинг трьох ключових параметрів (рис. 2):

Грошовий баланс – відображає кумулятивний рух грошових коштів, тобто сумарний обсяг отриманих доходів та здійснених витрат на поточну дату функціонування стартапу (зелений графік). Ключовим показником є точка 1 – «точка цільового прибутку» (Target Profit Point), що фіксує момент реалізації фінансових цілей засновників.

Інвестиційний баланс (ROI) – враховує прямі фінансові витрати та альтернативну вартість людино-годин розробки. Ключова точка 2 – «точка перелому» вказує на момент, коли дохідність стартапу починає перевищувати ринкову вартість праці спеціалістів.

Ефективність праці – розрахунок показника «заробіток за годину» (Profit per Hour, PPH).

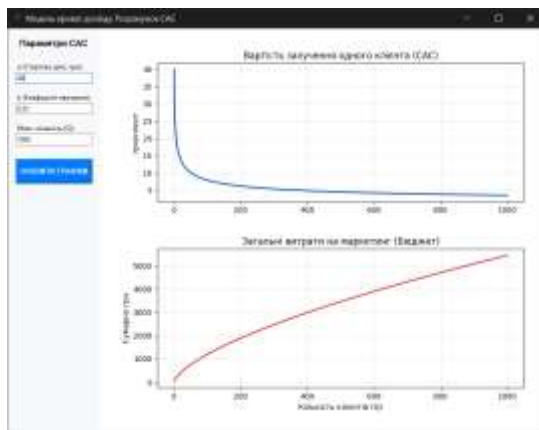


Рис. 1 – Розрахунок САС

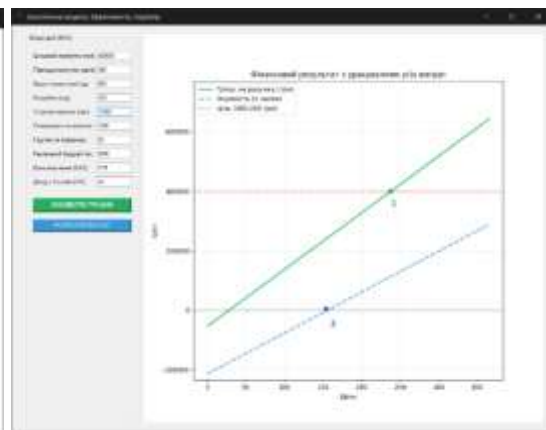


Рис. 2 – Розрахунок ефективності стартапу

Аналіз взаємного розташування точок 1 та 2 дозволяє зробити висновок про доцільність проєкту. Наприклад, якщо точка 2 розташована суттєво правіше точки 1, це свідчить про те, що навіть за умови отримання прибутку проєкт є економічно неефективним порівняно з найманою працею розробників за ринковими ставками.

Висновок. Використання кривої досвіду при прогнозуванні САС дозволяє уникнути недооцінки маркетингового бюджету на початкових етапах. Модель доводить необхідність капіталізації часових витрат команди як основного ресурсу стартапу. Створений програмний продукт дозволяє оцінити ефективність стартапу ще до початку активної розробки, що підвищує його інвестиційну привабливість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] R. Pukala, E. Sira i R. Vavrek, «Risk management and financing among start-ups», Marketing and Management of Innovations, № 3, p. 153–161, 201, DOI: 10.21272/mmi.2018.3-13.
- [2] SAP, "SAP S/4HANA: The Digital Core ERP for Modern Business," 2026. [Online]. Available:

<https://www.sap.com/products/erp/s4hana.html>

[3] Microsoft, "Microsoft Dynamics 365: Intelligent Business Applications," 2026. [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/dynamics-365>

[4] D. Skok, «SaaS Metrics 2.0 – A Guide to Measuring and Improving what Matters», ForEntrepreneurs, 2016 [Online]. Available: <https://www.forentrepreneurs.com/saas-metrics-2/>

[5] P. W. Farris, N. T. Bendle, P. E. Pfeifer, and D. J. Reibstein, Marketing Metrics: The Manager's Guide to Measuring Marketing Performance, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Education, 2020.

[6] M. Stange and B. Funk, "How Much Tracking Is Necessary? - The Learning Curve in Bayesian User Journey Analysis," in Proc. 23rd Eur. Conf. Inf. Syst. (ECIS), Münster, Germany, 2015, Paper 173.

УДК 004.942:519.816

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОМОСТІ ФАКТОРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

ОЛІЯРНИК Т. І. (taras.i.oliiarnyk@lpnu.ua)
Національний університет «Львівська політехніка»

У роботі розглянуто засоби розроблення інформаційної системи для визначення вагомості факторів технологічного процесу. Проаналізовано доцільність використання патерну Model-View-Controller, мови програмування Python та бібліотек Tkinter, ttk, NumPy, Matplotlib і NetworkX. Проведено порівняння обраних засобів із можливими аналогами та обґрунтовано їх відповідність функціональним вимогам дослідницької інформаційної системи.

Одним із важливих завдань дослідження технологічних процесів є визначення вагомості факторів, які впливають на якість кінцевого результату. Такі фактори можуть мати різний характер, складні взаємозв'язки та неоднаковий ступінь впливу. Тому виникає потреба у створенні інформаційної системи, яка забезпечує введення початкових даних, побудову матриць, аналіз ієрархічних структур, візуалізацію взаємозв'язків між факторами та подання результатів у зручній для дослідника формі.

Проблема вибору засобів розроблення такої системи полягає в необхідності поєднання кількох вимог: кросплатформності, простоти реалізації, підтримки математичних обчислень, роботи з графовими структурами, наявності засобів візуалізації та можливості подальшого розширення програмного продукту. Тому вибір інструментальних засобів має здійснюватися не лише з урахуванням їх поширеності, а й відповідно до функціональних особливостей поставленої задачі.

Метою роботи є аналіз засобів розроблення інформаційної системи для визначення вагомості факторів технологічного процесу та обґрунтування доцільності використання обраного програмного стеку.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання: визначено вимоги до інформаційної системи; проаналізовано архітектурний підхід до її побудови; розглянуто засоби створення графічного інтерфейсу, роботи з матричними даними, візуалізації результатів і побудови графових моделей; проведено порівняння обраних інструментів із можливими аналогами.

Архітектурну основу інформаційної системи становить патерн проектування Model-View-Controller. Його застосування дає змогу розділити систему на логічні складові: модель, що відповідає за дані та обчислювальну логіку; представлення, яке забезпечує взаємодію з користувачем; контролер, що координує обмін між інтерфейсом і функціональними модулями. Такий підхід є доцільним для дослідницьких інформаційних систем, оскільки спрощує зміну окремих компонентів без необхідності повної перебудови програмної структури.

Як основну мову програмування обрано Python. До переваг цього рішення належать розвинена екосистема бібліотек для наукових обчислень, візуалізації та оброблення даних, а також зручність створення дослідницьких програмних рішень. Доцільність використання Python-

екосистеми для наукових обчислень підтверджується її широким застосуванням у середовищах інтерактивного аналізу, візуалізації та обчислювального експерименту [1]. Альтернативами могли б бути Java, C# або JavaScript, однак для системи, орієнтованої на математичні обчислення, аналіз структур і побудову графічних моделей, Python є більш компактним і гнучким рішенням.

Графічний інтерфейс системи реалізовано засобами бібліотеки Tkinter, яка входить до стандартної екосистеми Python, використовує графічний інструментарій Tcl/Tk і підтримується на основних операційних системах [2]. Порівняно з PyQt/PySide, Tkinter має простішу структуру та є достатнім для реалізації прикладної системи з послідовною логікою роботи. PyQt/PySide доцільніші для складних професійних інтерфейсів, оскільки надають широкий набір засобів для створення класичних настільних інтерфейсів [3]. Однак у межах цієї задачі їх використання могло б призвести до надмірного ускладнення архітектури та процесу розгортання.

Для підвищення якості користувацького інтерфейсу застосовано модуль ttk, що розширює можливості Tkinter завдяки використанню тематичних віджетів Tk [4]. Організацію взаємодії з програмним продуктом реалізовано за допомогою віджета Notebook, який забезпечує подання окремих функціональних етапів у вигляді вкладок. Така структура відповідає поетапному характеру роботи системи: створенню матриці досяжності, дослідженню ієрархічних структур і візуальному поданню моделі пріоритетності.

Опрацювання матричних даних реалізовано за допомогою бібліотеки NumPy. Вона є однією з базових бібліотек Python для роботи з масивами, матрицями та багатовимірними структурами даних, що широко застосовуються в наукових обчисленнях [5]. Це є важливим під час оброблення матриць досяжності та проведення обчислень, пов'язаних із визначенням вагомості факторів. Використання стандартних списків Python у такому разі є менш доцільним, оскільки вони не забезпечують такого рівня зручності для матричних операцій. Табличні інструменти доцільніші для аналізу структурованих наборів даних, тоді як для безпосередньої роботи з матрицями NumPy є більш природним вибором.

Візуальне подання результатів реалізовано засобами бібліотеки Matplotlib. Ця бібліотека призначена для створення графіків і двовимірної графіки у Python та може використовуватися як для інтерактивної роботи, так і для формування зображень публікаційної якості [6]. У межах інформаційної системи Matplotlib доцільно застосовувати для подання семантичних моделей, ієрархічних структур і моделей вагомості факторів. Альтернативами можуть бути Seaborn або Plotly, однак Seaborn більше орієнтований на статистичну візуалізацію, а Plotly — на інтерактивні веборієнтовані графіки. Для настільної інформаційної системи, де важливо інтегрувати графіки безпосередньо в інтерфейс, Matplotlib є більш універсальним рішенням.

Бібліотеку NetworkX застосовано для моделювання, опрацювання та аналізу графових структур. Вона є Python-пакемом для дослідження, аналізу та представлення мережевих і графових структур [7]. Це важливо для подання семантичних зв'язків між факторами у зрозумілій графічній формі. Як аналог можна розглядати Graphviz, що є відкритим програмним забезпеченням для візуалізації графів і подання структурної інформації у вигляді діаграм [8]. Однак для інтегрованої інформаційної системи на Python NetworkX є більш доцільним, оскільки може бути безпосередньо поєднаний з обчислювальною логікою, NumPy та Matplotlib без переходу до зовнішнього програмного середовища.

Окремо як альтернативу для створення графічного інтерфейсу можна розглядати Kivy, що є відкритою бібліотекою Python для швидкого розроблення застосунків із сучасними, зокрема мультитач-інтерфейсами [9]. Проте така функціональність не є ключовою для інформаційної системи визначення вагомості факторів технологічного процесу, яка орієнтована насамперед на послідовне виконання дослідницьких етапів, матричні обчислення та візуалізацію результатів.

Висновки. Проведений аналіз показав, що використання Python, Tkinter, ttk, NumPy, Matplotlib і NetworkX у поєднанні з архітектурним патерном Model-View-Controller забезпечує збалансовану основу для розроблення інформаційної системи визначення вагомості факторів технологічного процесу. Обраний стек відповідає функціональним вимогам системи, оскільки поєднує простоту реалізації, кросплатформність, підтримку математичного опрацювання даних, побудову графових моделей і наочне подання результатів. Порівняно з розглянутими аналогами, ці засоби є раціональними для поставленої задачі, оскільки забезпечують необхідну функціональність без надмірного ускладнення програмної архітектури та процесу розгортання. Це дає підстави вважати

обраний програмний стек доцільним і обґрунтованим для реалізації інформаційної системи такого типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. F. Pérez, B. E. Granger. IPython: A System for Interactive Scientific Computing. Computing in Science & Engineering. 2007. № 9 (3). Pp. 21–29. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.53>.
2. Python Software Foundation. tkinter — Python interface to Tcl/Tk. Python Documentation. URL: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>.
3. Qt Group. Qt for Python. Qt Documentation. URL: <https://doc.qt.io/qtforpython-6/>.
4. Python Software Foundation. tkinter.ttk — Tk themed widgets. Python Documentation. URL: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.ttk.html>.
5. C. R. Harris, K. J. Millman, S. J. van der Walt, R. Gommers, P. Virtanen, D. Cournapeau, E. Wieser, J. Taylor, S. Berg, N. J. Smith et al. Array programming with NumPy. Nature. 2020. № 585. Pp. 357–362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>.
6. J. D. Hunter. Matplotlib: A 2D Graphics Environment. Computing in Science & Engineering. 2007. № 9 (3). Pp. 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>.
7. Hagberg, D. A. Schult, P. J. Swart. Exploring Network Structure, Dynamics, and Function using NetworkX. Proceedings of the 7th Python in Science Conference. 2008. Pp. 11–15.
8. Graphviz Authors. Graphviz. Graphviz Documentation. URL: <https://graphviz.org/>.
9. Kivy Organization. Welcome to Kivy. Kivy Documentation. URL: <https://kivy.org/doc/stable/>.

УДК 004.9:794:339.138:34.05

ЛУТБОКСИ, ГАЧА-МЕХАНІКИ ТА PAY-TO-SKIP ЯК НАСКРІЗНИЙ ПАТЕРН МОНЕТИЗАЦІЇ ІГОР: ЕКОНОМІКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕГУЛЯТОРНА ВІДПОВІДЬ

СОДЕЛЬ А. О. (anastasiasodel70@gmail.com), ГЛАДЧЕНКО О. В. (gov_2016-2017ns@ukr.net)
Державний податковий університет, м. Ірпінь

У роботі розглянуто три ключові патерни монетизації сучасних ігор — лутбокси, гача-механіки та pay-to-skip — у контексті еволюції бізнес-моделі індустрії від продажу копії до сервісної моделі з мікротранзакціями. Проаналізовано економічний масштаб явища: ринок гача-сегменту досягнув 33.6 млрд доларів у 2025 році, а Genshin Impact студії miHoYo сукупно зібрав понад 5 млрд доларів з моменту релізу. Розглянуто психологічну основу темних патернів — механізм змінного підкріплення, штучне обмеження часу та системи battle pass як інструмент примусового утримання. Окремо охоплено сегмент мобільних «одноденок», де агресивна реклама поєднана з конвеєрним виробництвом контенту. Систематизовано регуляторну реакцію країн ЄС, США та Великої Британії, включно з очікуваним Digital Fairness Act 2026 року.

Бізнес-модель ігрової індустрії за останнє десятиліття зазнала тектонічного зсуву. Колись прибуток приходив від продажу копії гри в коробці; зараз основний грошовий потік генерує free-to-play з мікротранзакціями. Ключова зміна — у тому, що гра перестала бути закінченим продуктом і перетворилася на сервіс, який триває роками й поступово витягує гроші з користувача через серію психологічно прорахованих механік. Світовий ринок лише гача-сегменту досяг 33,6 млрд доларів у 2025 році, а сукупний обсяг ігор з елементами випадковості оцінюється у понад 20 млрд щорічно [1]. Стрімке поширення таких практик випереджає здатність регуляторів і академічної спільноти своєчасно оцінювати їхній вплив, особливо щодо неповнолітніх користувачів.

Завдання дослідження охоплюють: систематизацію основних патернів монетизації (лутбокси, гача, pay-to-skip, battle pass, реклама-як-механіка); кількісну характеристику ринку через дані Sensor Tower, AppMagic та Business of Apps; огляд психологічних механізмів, що лежать в основі

цих практик; аналіз регуляторної відповіді у країнах ЄС, США та Великої Британії; формулювання прогнозу щодо подальшої динаміки галузі.

Механіка лутбоксів базується на продажу віртуальних скринь із випадковим вмістом, які гравець купує за реальні або внутрішньоігрові гроші. Шанси випадіння рідкісного предмета часто не розкриваються або подаються у спосіб, який ускладнює оцінку реальних витрат. Психологічно цей механізм спирається на ту саму схему змінного підкріплення (variable-ratio reinforcement), що й гральні автомати: непередбачуваність винагороди формує дофамінову петлю та підтримує тривалу залученість. Star Wars Battlefront II у 2017 році спровокувала масовий публічний скандал, після якого ЕА тимчасово зняла лутбокси з гри. У 2018 році Бельгія першою в ЄС класифікувала лутбокси як азартні ігри й заборонила їх повністю — ця заборона досі діє.

Східноазійським різновидом лутбоксів стала система гача, яка побудована на випадковому отриманні персонажів або предметів через спеціальні банери. Класичний приклад — Genshin Impact студії miHoYo, що сукупно збрала понад 5 млрд доларів з моменту релізу у вересні 2020 року [2]. Гра пропонує систему «банерів»: тимчасові пули персонажів з обмеженою доступністю, де ймовірність витягнути 5-зіркового героя становить 0.6%, а гарантія (так званий pity) спрацьовує на 90-й спробі. Ціна однієї спроби — близько 1.6 долара, тобто гарантоване отримання конкретного персонажа коштує 200–400 доларів. Fate/Grand Order, Honkai: Star Rail, Uma Musume: Pretty Derby працюють за тією ж схемою [1]. Середній гравець, що платить у США витрачає на гача-ігри близько 85 доларів на місяць.

Механіка pay-to-skip використовується в багатьох мобільних іграх для монетизації нетерплячості гравців. Ігри жанру match-3 (Candy Crush, Royal Match), фарм-симулятори (Hay Day) та клікери на кшталт Clash of Clans будуються навколо системи енергії або таймерів. Гравцю штучно обмежують кількість дій за сеанс або змушують чекати години на завершення будівництва — і паралельно пропонують «прискорити» процес за реальні гроші. Дослідження arXiv 2023 року показало, що жанр ігор, побудованих виключно на таймерах і скіпах, згенерував понад 3 млрд доларів у 2021 році [3]. Логіка вибудована парадоксально: ціни на скіпи навмисно завищені, щоб більшість гравців відмовилася й продовжувала фармити, а решта — заплатила багато й зрідка.

Система battle pass стала одним із найефективніших інструментів утримання аудиторії в сучасних онлайн-іграх. Гравець купує сезонну підписку (зазвичай 10–15 доларів на 2–3 місяці) і розблоковує винагороди за гру. На перший погляд це чесна модель: платиш фіксовану суму, отримуєш контент. Насправді battle pass працює як двигун утримання: він прив'язує гравця до гри щоденними завданнями, бо пропустити день — не встигнеш закінчити трек до сезонного дедлайну. Fortnite, Call of Duty, Genshin Impact, Apex Legends, PUBG Mobile — усі великі сервіси ввели battle pass саме як засіб перетворити епізодичну гру на щоденну рутину.

Частина мобільних ігор створюється за моделлю короткострокового агресивного заробітку без орієнтації на довгострокове утримання користувачів. Гра показує гіпермасковану рекламу перед кожною дією, запускає інтерстиціали при поверненні до меню, пропонує «удвічі більшу винагороду» за перегляд відео, ховає кнопку закриття реклами під невидимий піксель. Розробники свідомо обирають короткий горизонт: гравець піде через тиждень, але встигне принести 5–10 доларів реклами та одну імпульсивну покупку. Конвеєр виробництва тримається на копіюванні успішних механік (hyper-casual), AI-генеруванні арту й автоматизованому А/В-тестуванні монетизаційних налаштувань. Дослідження 2024 року, що проаналізувало 52 111 мобільних ігор із ресурсу darkpattern.games, підтвердило системний характер цих практик [4].

У різних країнах світу регулятори поступово посилюють контроль над монетизаційними механіками у відеоіграх. Бельгія – повна заборона з 2018 року, штрафи ЕА, Activision Blizzard, 2K Games. Нідерланди – рішення Ради держави 2022 року ускладнило застосування національного законодавства про азарт, тому уряд переорієнтувався на загальноєвропейський рівень. Німеччина у 2025 році зобов'язала розробників публікувати таблиці ймовірностей і додавати попередження про ризики азартної залежності. Франція, Австрія, Іспанія обмежили доступ неповнолітніх. У жовтні 2025 року комітет Європарламенту з внутрішнього ринку прийняв звіт, що закликає Європейську комісію заборонити лутбокси в іграх, доступних неповнолітнім [5]. Регламент Digital Fairness Act очікується у Q4 2026 року і має стати першим загальноєвропейським документом, що адресує проблему системно. У США Federal Trade Commission стягнула з Epic Games 245 млн доларів у справі про темні патерни Fortnite.

Отже, монетизація через експлуатацію когнітивних викривлень користувача стала не винятком, а нормою для значної частини індустрії. Гравцеві продають не контент, а доступ до самокерованої петлі винагороди-розчарування. Поки регулятори наздоганяють реальність із затримкою у 5–7 років, відповідальність за вибір лежить на самому гравцеві, а у випадку дітей і підлітків ця ноша стає непосильною. Подальший розвиток ринку залежатиме від того, чи зможе Digital Fairness Act встановити прецедент, який змінить економічні стимули для розробників, чи індустрія знайде нові форми обходу регулювання — як уже сталося з перемаркуванням лутбоксів на «структуровані випадання» у CS2 Genesis Terminal від Valve.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Dataintel, "Gacha Games Market Research Report 2024," 2025. [Online]. Available: <https://dataintel.com/report/global-gacha-games-market>. [Accessed: May 14, 2026].
- [2] Business of Apps, "Genshin Impact Revenue and Usage Statistics," Jan. 2026. [Online]. Available: <https://www.businessofapps.com/data/genshin-impact-statistics/>. [Accessed: May 14, 2026].
- [3] D. Greer та ін. , "Pay to (Not) Play: Monetizing Impatience in Mobile Games," arXiv preprint arXiv:2312.10205 , 2023.
- [4] M. Hartwig та ін. , "Level Up or Game Over: Exploring How Dark Patterns Shape Mobile Games," in Proc. 23rd MUM Conf. , ACM, 2024. doi: 10.1145/3701571.3701604.
- [5] European Parliament, "New EU measures потрібна для здійснення онлайн-послуг safer for minors," Press release, Oct. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20251013IPR30892/>. [Accessed: May 14, 2026].

УДК 004.42:004.94

РОЗРОБКА КРОСПЛАТФОРМНОЇ ІГРОВОЇ СИСТЕМИ З ДИНАМІЧНОЮ МОДЕЛЛЮ ВІНАГОРОД У СЕРЕДОВИЩІ TESTNET

СТОЛЯР В.В., РАКИТЯНСЬКА Г.Б. (vlad100vntu@gmail.com; rakit@vntu.edu.ua)

Вінницький національний технічний університет

У даній статті розглянуто процес проектування кросплатформної ігрової системи «Lucky Money» з динамічною моделлю винагород у середовищі Testnet. Проаналізовано особливості реалізації клієнт-серверної архітектури із використанням Flutter та .NET, а також інтеграцію із зовнішнім сервісом WhiteBit Testnet для проведення тестових фінансових операцій. Описано механізм реалізації ігрового процесу, що базується на ризик-орієнтованій моделі винагород, JWT-авторизації та взаємодії із REST API. Практичне застосування UML-моделювання та CASE-засобу Visual Paradigm дозволило формалізувати функціональні можливості системи та спростити процес її проектування.

Вступ

Сучасний розвиток цифрових технологій стимулює створення кросплатформних програмних систем, які поєднують інтерактивний інтерфейс, безпечний обмін даними із сервером та підтримку фінансових операцій у тестових мережах. Одним із перспективних напрямів є ігрові системи з динамічною моделлю винагород, де механіка ризику реалізується через клієнт-серверну архітектуру та зовнішні API [1].

Застосування фреймворку Flutter дозволяє використовувати єдину кодову базу для різних мобільних платформ, що знижує витрати на розробку та супровід. Водночас технології JWT-авторизації та REST API забезпечують захищений зв'язок між клієнтом і сервером [2].

Особливу цінність має інтеграція ігрових рішень із блокчейн-орієнтованими тестовими середовищами, такими як WhiteBIT Testnet. Це дозволяє моделювати фінансові операції без ризику втрати реальних активів, досліджувати керування балансом та динамічні моделі винагород у безпечному середовищі [3].

Методи та засоби проектування

Для формалізації вимог до системи «Lucky Money» використано діаграму прецедентів (UML). Предметна область охоплює механіки ризику, роботу з тестовими активами WhiteBit та безпечний доступ до даних. У процесі аналізу визначено трьох акторів:

1. Користувач (гравець) – основний актор, що взаємодіє з Flutter-інтерфейсом для виконання ігрових дій.
2. WhiteBit API (Testnet) – вторинний актор, що забезпечує транзакції поповнення та перевірку балансу.
3. Адміністратор – стежить за ігровими сесіями та переглядає загальну статистику.

Ключовими прецедентами є авторизація, керування балансом та ігровий процес. Оскільки система використовує JWT-токени, прецедент «Авторизація» обов'язково включається (include) в операції, що потребують ідентифікації користувача. Ігровий цикл описано через прецедент «Проведення ігрової сесії», який передбачає вибір ставки, динамічну складність (кількість мін), розрахунок коефіцієнтів та можливість дострокового завершення (Cashout). Взаємодія з WhiteBit API реалізована в прецеденті «Поповнення балансу».

Основними структурними одиницями діаграми виступають прецеденти, які описують типові варіанти використання системи. У межах розроблюваної ігрової системи найважливішими серед них є автентифікація користувача, керування балансом та власне ігрова механіка. Оскільки програмне забезпечення базується на JWT-токенах, прецедент під назвою «Авторизація в системі» належить до базових: зв'язок типу «include» передбачає його обов'язкове виконання перед більшістю інших дій, що вимагають розпізнавання особи гравця.

Ігровий цикл відображено через прецедент «Проведення ігрової сесії», який охоплює визначення кількості мін (бомб) та розміру ставки. Динамічне нарахування винагород реалізовано за допомогою покрокового розкриття клітинок – кожне безпечне відкриття підвищує коефіцієнт виплати. Суттєвою особливістю є наявність прецеденту «Здійснити Cashout», який дозволяє гравцеві добровільно завершити раунд та зафіксувати отриманий виграш до моменту потрапляння на міну.

Взаємодія з блокчейн-середовищем виділена в окрему групу прецедентів, пов'язаних із фінансовими операціями. Так, прецедент «Поповнити ігровий баланс» формує запит до зовнішнього API WhiteBit, в результаті чого виконується перевірка успішності транзакції в мережі Testnet; лише після цього віртуальні кошти зараховуються до внутрішньої бази даних .NET-бекенду.

На рисунку 1 наведено структуру відповідної діаграми, створену в інструментальному середовищі Visual Paradigm. Вона ілюструє ієрархію акторів та логічне групування функціональних можливостей системи.

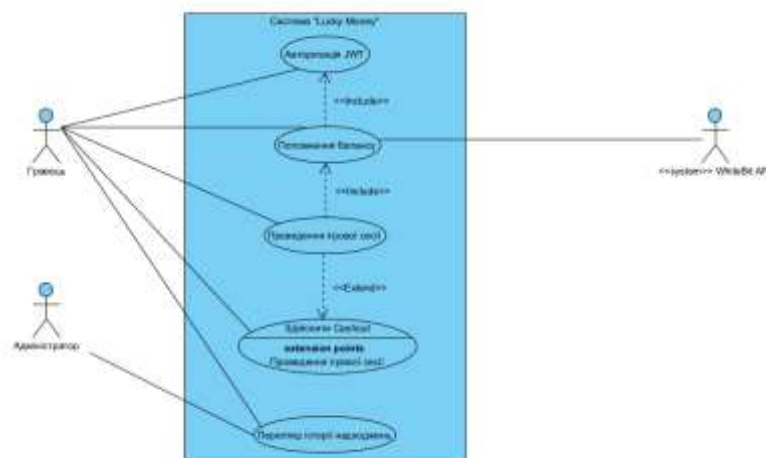


Рис. 1 – Діаграма прецедентів ігрової системи

Для формалізації взаємодії користувачів із системою було визначено основних акторів та прецеденти використання. Характеристика акторів системи наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Актори системи

Актор	Опис
Гравець	Авторизований користувач системи, який здійснює ставки та взаємодіє з ігровим інтерфейсом
Адміністратор	Уповноважений користувач із розширеними правами доступу для моніторингу системи
WhiteBIT API	Зовнішній програмний інтерфейс, що забезпечує оброблення транзакцій у мережі Testnet

Прецеденти, що описують ключові функціональні можливості програмного засобу, подано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Прецеденти системи

Прецедент	Характеристика
Авторизація (JWT)	Перевірка облікових даних користувача та формування токена доступу
Проведення ігрової сесії	Генерація ігрового поля, оброблення дій користувача та розрахунок коефіцієнтів
Здійснення Cashout	Завершення гри із зарахуванням виграшу на баланс
Поповнення балансу	Синхронізація криптовалютного гаманця з балансом системи
Перегляд історії операцій	Отримання доступу до архіву ігрових та фінансових операцій

Основний сценарій виконання прецеденту «Проведення ігрової сесії» із послідовністю взаємодії користувача та системи:

- Гравець відкриває екран гри та вказує суму ставки;
- система перевіряє наявність достатнього балансу через API;
- Гравець обирає кількість мін (динамічна складність) та підтверджує початок гри;
- сервер генерує поле та повертає ідентифікатор сесії;
- Гравець по черзі відкриває клітинки;
- при кожному успішному відкритті система перераховує поточний коефіцієнт винагороди;

ж) Гравець натискає «Cashout», і сума виграшу зараховується на баланс.

Альтернативний сценарій завершення ігрової сесії у випадку програшу користувача:

- Якщо Гравець відкриває клітинку з міною, сесія завершується;
- ставка анулюється, дані про програш зберігаються в історії.

Висновки

У результаті дослідження було проаналізовано процес проєктування кросплатформеної ігрової системи «Lucky Money» із динамічною моделлю винагород у середовищі Testnet. Побудована UML-діаграма прецедентів дозволила формалізувати взаємодію між основними акторами системи та визначити ключові функціональні можливості застосування.

Встановлено, що використання Flutter для реалізації клієнтської частини забезпечує кросплатформеність та зручну інтеграцію із серверним API, а застосування JWT-авторизації підвищує рівень безпеки доступу до ресурсів системи. Інтеграція з WhiteBit Testnet дозволила реалізувати механізми поповнення балансу та перевірки транзакцій у тестовому середовищі без використання реальних цифрових активів.

Отримані результати підтверджують доцільність використання UML-моделювання та CASE-засобів під час проєктування сучасних ігрових систем із фінансовими механіками та клієнт-серверною архітектурою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Flutter Documentation. Flutter documentation: вебсайт. URL: <https://docs.flutter.dev>
- [2] WT Introduction – Auth0. JSON Web Tokens (JWT) : [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://auth0.com/docs/secure/tokens/json-web-tokens>

[3] WhiteBIT API Documentation. WhiteBIT API Documentation : вебсайт. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:: <https://docs.whitebit.com>

UDC 004.42:338.48

SOFTWARE SUPPORT FOR MONETISATION AND DEMAND MANAGEMENT IN ENTERTAINMENT AND GAME-ORIENTED SERVICES

KHOSHABA O. (pzmag2022@gmail.com), POKHODZEI D.
Vinnytsia National Technical University, Ukraine

The theses present software support for monetisation and demand management in entertainment and game-oriented services. The proposed tool combines an online booking engine, electronic confirmation, administrative catalogue management, pricing rules and analytical reporting. The system is intended for leisure businesses such as event organisers, quest rooms, VR clubs, board-game spaces, tours, and other session-based services, where capacity, time slots, and customer experience directly influence revenue. We pay particular attention to availability control, prevention of overbooking, flexible cancellation handling, and indicators for evaluating demand by period, channel, and service category.

Entertainment and game-oriented service providers frequently organise reservations through phone calls, social media messages or manually maintained spreadsheets. This approach is understandable for small businesses, but it creates fragmented sales channels, inconsistent availability information, delayed confirmations and a higher risk of overbooking during peak demand. For VR clubs, quest rooms, board-game spaces, cyber sport sessions, interactive shows and leisure tours, each service is usually limited by time, venue capacity, staff, equipment or the number of seats. Therefore, booking is not only an operational process, but also a business mechanism that affects revenue, utilisation, customer satisfaction and marketing efficiency.

The problem is to design software support that connects the customer journey to the organiser's business processes. The tool must allow customers to quickly find and reserve a suitable entertainment service, while managers must be able to control availability, adjust prices, monitor sales, process cancellations and analyse demand. In this context, the value of the system is determined not only by the technical correctness of booking operations, but also by its ability to support monetisation and demand management decisions.

The aim of the work is to design and implement an application that enables online booking of entertainment and game-oriented services and provides administrators with tools to manage offers, capacity, pricing, and operational analytics. To achieve this aim, the following tasks were solved: to specify functional and non-functional requirements; to develop a data model for offers, sessions, capacity, orders, payments and users; to implement capacity-safe reservation logic; to design a confirmation mechanism based on electronic tickets or vouchers; to prepare administrative tools for catalogue, schedule, pricing and refund management; to define reporting indicators for demand and revenue analysis; and to outline security and testing procedures.

The user-facing part of the system provides a searchable catalogue with filtering by location, category, date and service type. Offers may represent tickets to events, guided tours, game sessions, quest-room visits, VR experiences or other leisure activities. A customer selects an offer, reviews the available session, price and cancellation policy, and then completes account-based or guest checkout. This flow reduces unnecessary communication with the organiser and standardises the purchase path across different service categories.

Availability control is the central technical component of the proposed solution. The data model separates the general description of an offer from its concrete sessions and capacity limits. A reservation is created by an atomic transaction that validates the remaining number of seats or slots immediately before commit. If the platform supports a seat map, capacity can be tracked at the individual seat level; otherwise, it is managed as a session limit. The booking lifecycle is represented by a status machine with states: created, pending payment, confirmed, cancelled, and refunded. This model enables consistent processing of changes and avoids contradictory booking records.

After a successful reservation, the system issues an electronic ticket or voucher containing a unique identifier, QR code or alphanumeric token. Such confirmation can be validated at check-in and also used for customer support. Automated notifications are sent by email and, where integration is available, through messaging channels. Reminder timing is configurable, which helps reduce no-shows for time-limited entertainment services. Cancellation and rescheduling are processed according to business rules that may include deadlines, fee conditions and automatic status updates.

The administrative workspace supports catalogue management, session creation, capacity limits, pricing rules and promotional conditions. Managers can monitor bookings through a calendar-like interface, create manual reservations, assist customers, control refunds and export registers for event organisers. This functionality is important for small and medium entertainment businesses because it allows operational staff to maintain sales transparency without duplicating information in separate spreadsheets or messaging threads.

From the business perspective, the most important result of digital booking is the accumulation of structured demand data. The reporting module calculates booking volume, conversion rate, cancellation share, no-show rate, utilisation by offer and revenue distribution by period, channel and service category. These indicators allow managers to compare the attractiveness of different entertainment formats, identify underused time slots, evaluate marketing campaigns and adjust schedules or prices. This approach is consistent with revenue management principles, where limited capacity and variable demand require coordinated decisions on availability and pricing [1].

Non-functional requirements focus on mobile usability, concurrency safety, notification reliability and protection of personal data. Since many customers book leisure services from smartphones, the interface must remain clear on small screens and minimise the number of steps before confirmation. Administrative functions are protected by role-based access control, while critical actions are recorded in an audit log. Tokens used for ticket validation are generated with sufficient entropy to reduce the risk of guessing. General quality considerations are aligned with the product quality model for software and ICT systems [2], and application security checks can be mapped to recognised web application verification practices [3].

Testing includes functional scenarios for searching, booking, cancellation, rescheduling, refund processing and ticket validation. Concurrency tests verify that simultaneous attempts to reserve the last available places do not result in overselling. The effectiveness of the system may be evaluated by confirmation latency, overbooking rate, administrator effort per booking, cancellation processing time and the completeness of analytical data. These metrics demonstrate whether the tool improves both operational efficiency and business control compared with manual reservation processes.

The developed MVP demonstrates that online booking for entertainment and game-oriented services can be implemented as an integrated business tool rather than a separate technical form for collecting orders. The combination of catalogue browsing, capacity-safe reservations, electronic confirmation, administrative control and analytical reporting supports monetisation, demand planning and customer experience. Future development should include integration with payment gateways and fiscalisation services, support for multi-venue operators, more detailed marketing attribution, recommendation features based on demand patterns and adaptive pricing mechanisms for popular or underused sessions.

Thus, the proposed software support reduces manual operations, improves sales transparency and provides organisers with evidence for managerial decisions. For game-oriented and entertainment businesses, such a system can become a practical component of digital transformation because it connects customer acquisition, booking, service delivery and post-event analysis within a single information environment.

REFERENCES

- [1] K. T. Talluri and G. J. van Ryzin, *The Theory and Practice of Revenue Management*. Boston, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [2] ISO/IEC, *ISO/IEC 25010:2023, Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Product quality model*, 2nd ed. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2023.
- [3] OWASP Foundation, *OWASP Application Security Verification Standard 5.0.0*, 2025. [Online]. Available: <https://owasp.org/www-project-application-security-verification-standard/>. Accessed: May 10, 2026.
- [4] I. Sommerville, *Software Engineering*, 10th ed. Harlow, UK: Pearson, 2016.

IN-GAME ADVERTISING ЯК ВИСОКОЕФЕКТИВНИЙ КАНАЛ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ

С. АНДРЕЄВ (andreevgarage@gmail.com),
В. АНДРЕЄВА (vandreeva813@gmail.com),
Д. МАТВІЄНКО (den4ik8102@gmail.com),
Комунальний заклад «Кам'яноярський ліцей»
Чугуївської міської ради Харківської області

У статті досліджено феномен внутрішньоігрової реклами як інноваційного інструменту в сучасній системі цифрового маркетингу. Авторами проведено компаративний аналіз нативної ігрової інтеграції та традиційних медіа-каналів, що дозволило виявити переваги іммерсивного підходу у подоланні «банерної сліпоти». Особлива увага приділена психологічним механізмам формування лояльності споживачів, зокрема ефекту «поток» та когнітивним особливостям сприйняття брендів геймерами. Підсумовано, що стратегічне використання IGA забезпечує високий рівень залученості аудиторії та є перспективним напрямом для розвитку бренд-комунікацій у віртуальних середовищах.

Трансформація цифрового ландшафту в останні роки призвела до суттєвого переосмислення стратегій взаємодії брендів із аудиторією. На фоні зниження ефективності традиційних медіа-каналів через явище «банерної сліпоти» та активне використання технологій блокування реклами, особливої актуальності набуває In-game Advertising (IGA). Сучасний геймінг детермінується вже не як нішеве захоплення, а як глобальна екосистема з багатомільярдною аудиторією, що володіє специфічними когнітивними характеристиками. Дана робота присвячена аналізу нативної реклами всередині ігрового процесу як інструменту формування лояльності та дослідженню психологічних аспектів сприйняття брендів ігровою спільнотою.

Для глибокого розуміння ефективності IGA необхідно диференціювати його ключові форми, що різняться за ступенем втручання в ігровий наратив. На відміну від дискретних форматів, нативна ігрова реклама інтегрується безпосередньо в ігрове середовище, стаючи невід'ємним компонентом віртуального світу. Статичні форми репрезентовані незмінними елементами, такими як брендovanі об'єкти в архітектурі віртуальних міст або логотипи на екіпуванні персонажів, що створює ефект постійної присутності. Водночас динамічні моделі дозволяють оновлювати рекламний контент у реальному часі, забезпечуючи високу релевантність повідомлення залежно від геолокації чи поточної поведінки гравця. Найвищим ступенем синергії є Advergaming, де ігровий продукт з самого початку проектується навколо ідентичності бренду.

Наукова новизна нативного підходу ґрунтується на експлуатації концепції «поток», тобто психологічного стану повної залученості та фокусування уваги. Коли бренд стає органічною частиною цього стану, когнітивний опір рекламному повідомленню нівелюється, що створює фундамент для формування стійких позитивних асоціацій [1, с. 100].

Традиційний медіа-мікс переважно базується на моделі переривання, де реклама сприймається реципієнтом як зовнішня перешкода на шляху до споживання контенту. У випадку з IGA спостерігається кардинально інша механіка взаємодії, що визначається декількома фундаментальними факторами. По-перше, рівень уваги у відеоіграх є значно вищим, ніж у пасивних медіа, через необхідність постійної інтерактивної відповіді на стимули, що автоматично підвищує показники запам'ятовуваності бренду. По-друге, контекстуальна релевантність в іграх трансформує пасивне споглядання у функціональний досвід. Коли гравець використовує реальний продукт для досягнення ігрових цілей, виникає безпосередній прагматичний зв'язок між брендом та успіхом індивіда. Нарешті, механізм емоційного трансферу забезпечує перенесення позитивних афектів, отриманих від ігрових досягнень, на інтегрований бренд, що є практично недосяжним для телевізійної чи зовнішньої реклами.

Ефективність ігрової реклами зумовлена специфічними психологічними ефектами, серед яких ключове місце посідає ефект простого пред'явлення. Регулярна, але ненав'язлива поява бренду в ігровому просторі формує відчуття знайомості, яке на підсвідомому рівні трансформується в довіру. Згідно з теорією обмежених когнітивних ресурсів, під час інтенсивного

геймплею психіка зосереджується на ігрових задачах, через що критичне ставлення до рекламних повідомлень послаблюється. Бренд починає сприйматися як атрибут реальності, а не як інструмент маніпуляції.

Емпіричні дані свідчать, що рівень лояльності геймерів до брендів, які органічно підтримують їхнє середовище, є вищим за середньоринковий. Гравці інтерпретують якісну інтеграцію як вияв поваги з боку рекламодавця до їхнього особистого досвіду, що мінімізує реактивний опір, властивий цифровому маркетингу в інших соціальних мережах [2].

Визначальним фактором успіху є відсутність семантичного дисонансу між рекламою та ігровим світом. Якщо імерсія зберігається, реклама починає виконувати низку позитивних функцій. В естетичному аспекті вона додає віртуальному світу правдоподібності, роблячи його візуально спорідненим із реальністю. У функціональному плані реклама може виступати джерелом ігрових ресурсів, що формує позитивне підкріплення. Крім того, існує важливий економічний аспект, оскільки підтримка з боку брендів дозволяє розробникам зберігати доступність ігрового контенту, що викликає у користувачів почуття вдячності та лояльності до спонсора.

Попри очевидні переваги, IGA містить потенційні ризики, пов'язані з рекламним перенасиченням. Надмірна інтенсивність повідомлень або порушення наративної логіки гри може призвести до руйнації імерсії та виникнення репутаційних втрат. Особливої ваги набувають етичні питання маркетингу в іграх для неповнолітніх, що вимагає від брендів високої соціальної відповідальності та прозорості.

Перспективи розвитку IGA у 2026 році та в подальшому пов'язані з впровадженням штучного інтелекту для гіперперсоналізації контенту. Використання алгоритмів штучного інтелекту дозволяє адаптувати рекламні стимули до психотипу та емоційного стану гравця в реальному часі. В умовах еволюції Метавсесвітів межа між рекламою та контентом остаточно нівелюється, тому що бренд стає повноцінним цифровим об'єктом, з яким можлива глибока соціальна та економічна взаємодія через аватари.

Отже, In-game Advertising демонструє якісно новий рівень взаємодії між суб'єктами ринку та споживачами. Дослідження підтверджує, що нативна ігрова реклама суттєво перевершує традиційні маркетингові інструменти за показниками залученості та формування тривалої лояльності. Фундаментальною умовою ефективності залишається паритет між маркетинговими цілями та якістю ігрового досвіду. За умови органічної інтеграції бренд перетворюється з інформаційного шуму на ціннісний елемент цифрової екосистеми, що робить IGA стратегічним пріоритетом для глобального маркетингу в епоху високої цифрової залученості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

4.R. Terlutter and M. L. Capella, "The Gamification of Advertising: Analysis and Research Directions of In-Game Advertising, Advergaming and Advertising in Social Network Games," *Journal of Advertising*, vol. 42, no. 2-3, pp. 95–112, 2013, doi: 10.1080/00913367.2013.774610.

5.M. W. Smith, "An Investigation into the Possible Effects of In-Game Advertising on Gamers' Consumer Brand Attitude and Buying Behaviour Within the New Media Platform of Video & Computer Games," University of the West of Scotland, Paisley, UK, Tech. Rep., 2009.

УДК 159.944.4:005.953.2:004.9

ТЕМНА ТРІАДА ОСОБИСТОСТІ В КОРПОРАТИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ: ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЯВЛЕННЯ ПРИ ВІДБОРІ ПЕРСОНАЛУ

BARIC I.O. (iryna.varis@kneu.edu.ua)

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

У тезах досліджується потенціал гейміфікованих інструментів оцінювання персоналу для виявлення проявів темної тріади особистості у корпоративному середовищі. Проаналізовано обмеження традиційних методів кадрової діагностики та визначено переваги серйозних ігор у

процесах відбору персоналу. Розглянуто роль ігрових симуляцій як інструменту поведінкового аналізу в цифровому управлінні персоналом.

Цифровізація процесів управління персоналом змінила не лише технічні інструменти рекрутингу, а й сам підхід до оцінювання кандидатів. Якщо раніше основна увага приділялася професійним компетентностям та формальній відповідності посаді, то сьогодні компанії намагаються прогнозувати поведінку людини в колективі, її реакцію на конфліктні ситуації, стиль взаємодії з командою та здатність дотримуватися корпоративних норм у складних умовах. Особливо це стосується посад, пов'язаних із управлінськими функціями, прийняттям рішень або доступом до ресурсів організації.

Серед психологічних характеристик, що безпосередньо впливають на поведінку в організації, особливе місце посідає темна тріада особистості – комплекс рис, що охоплює нарцисизм, макіавеллізм і психопатію [1]. У межах організаційного середовища ці характеристики не завжди проявляються відкрито. На початкових етапах взаємодії такі працівники часто справляють позитивне враження: демонструють впевненість, харизматичність, високий рівень соціальної адаптивності та розвинені комунікативні навички. Саме тому їх виявлення під час стандартних процедур відбору нерідко стає складним завданням для фахівців з управління персоналом.

Нарцисизм зазвичай проявляється через потребу у визнанні, прагнення до домінування та болісну реакцію на критику. Макіавеллізм пов'язаний зі схильністю до маніпуляцій, прагматичним використанням інших людей та орієнтацією на особисту вигоду. Для психопатії характерні дефіцит емпатії, імпульсивність та ігнорування соціальних обмежень. У корпоративному середовищі це може проявлятися через токсичну конкуренцію, приховані конфлікти, маніпулятивні комунікації або порушення корпоративної етики [2].

Проблема полягає не лише у наявності таких поведінкових рис, а й у складності їхньої діагностики. Традиційні методи оцінювання, такі як інтерв'ю, резюме, психометричні опитувальники, значною мірою залежать від самоопису кандидата. Людина розуміє, які відповіді є соціально прийнятними, тому може свідомо формувати бажаний професійний образ. Особливо помітно це під час відбору на керівні посади, де кандидати зазвичай мають високий рівень навичок самопрезентації та контролю власної поведінки.

Саме тому в цифровому управлінні персоналом активно розвиваються гейміфіковані інструменти оцінювання, побудовані на основі ігрових механік, поведінкових сценаріїв та інтерактивних симуляцій. Їхня логіка відрізняється від традиційного тестування: оцінюється не лише кінцевий результат відповіді, а й сам процес взаємодії людини з цифровим середовищем. Аналізу підлягають швидкість прийняття рішень, реакція на невизначеність, поведінка в умовах конкуренції, здатність до співпраці або схильність до порушення правил.

Під час проходження ігрової симуляції кандидат зазвичай концентрується не на тому, як виглядати «правильно» перед рекрутером, а на виконанні поставленого завдання. Через це поведінкові реакції стають менш контрольованими. На цьому базується інтерес до цифрових ігрових симуляцій як інструменту поведінкового аналізу персоналу [3].

У практиці цифрового рекрутингу ігрові симуляції вже поступово перетворилися на самостійний формат поведінкового тестування та окремий етап відбору персоналу. Частина компаній інтегрує їх у перші етапи відбору персоналу, особливо під час масового рекрутингу або оцінювання кандидатів на управлінські посади. Це пов'язано з тим, що класичні співбесіди нерідко фіксують лише рівень самопрезентації кандидата, тоді як поведінкові патерни проявляються вже під час взаємодії з динамічним середовищем.

Найчастіше такі симуляції моделюють робочі сценарії: переговори, кризові ситуації, командну взаємодію, конфлікти інтересів або розподіл обмежених ресурсів. У подібних умовах поведінкові моделі проявляються значно швидше, ніж у структурованому інтерв'ю. Наприклад, кандидат із вираженим макіавеллізмом може систематично використовувати маніпулятивні стратегії взаємодії, ігнорувати інтереси команди або намагатися отримати перевагу через прихований контроль ситуації. Особи з високими показниками психопатії, своєю чергою, можуть демонструвати ризикованість, імпульсивність або низьку емоційну реакцію на проблемні ситуації.

У симуляції командного проєкту учаснику може надаватися обмежений обсяг ресурсів, дефіцит часу та необхідність координації дій з іншими учасниками. У таких умовах частина кандидатів демонструє готовність до співпраці, тоді як інші схильні ігнорувати інтереси групи

заради індивідуального результату. Подібні сценарії мають цінність для аналізу персоналу, оскільки дозволяють оцінити поведінку людини не в декларативному, а в ситуаційному форматі.

Окремо варто враховувати, що носії темної тріади нерідко мають високий рівень соціального інтелекту. Саме тому в умовах класичного інтерв'ю вони здатні швидко адаптуватися до очікувань рекрутера, копіювати соціально схвалювані моделі поведінки та контролювати власні реакції. У цифровій симуляції зробити це значно складніше, особливо коли сценарій передбачає багаторівневу взаємодію, зміну умов або необхідність швидкого прийняття рішень.

Для роботодавців проблема деструктивної поведінки персоналу має не лише психологічний, а й економічний вимір. Працівники з вираженими рисами темної тріади можуть провокувати плинність кадрів, погіршення внутрішнього клімату, зростання конфліктності в колективі та зниження рівня довіри між працівниками. Особливо відчутними такі ризики стають у командах, де робота побудована на високому рівні кооперації, постійній комунікації та взаємній відповідальності за результат.

Управлінська практика показує, що найбільшу складність становлять не відкрито конфліктні працівники, а особи, які здатні тривалий час підтримувати позитивний професійний образ. На етапі співбесіди вони можуть демонструвати впевненість, харизматичність, високий рівень мотивації та розвинені комунікативні навички. У частини випадків саме такі кандидати успішно проходять процедури відбору й отримують керівні посади. Проблеми починають проявлятися пізніше у форматі прихованих конфліктів, маніпулятивної поведінки, емоційного тиску на команду або порушення неформальних правил взаємодії в колективі.

Саме тому інтерес до гейміфікованих інструментів оцінювання пов'язаний із прагненням наблизити процедуру відбору до реальних поведінкових ситуацій. Якщо під час класичного інтерв'ю кандидат переважно описує власні якості, то цифрова симуляція створює умови, у яких людина змушена діяти, що дозволяє аналізувати не лише зміст відповіді, а й сам спосіб прийняття рішення. Наприклад, у сценарії обмежених ресурсів один кандидат може намагатися координувати дії команди та шукати компроміс, тоді як інший – концентруватися виключно на особистому результаті або використовувати маніпулятивні стратегії взаємодії. У кризових сценаріях додаткового значення набуває реакція людини на стрес, невизначеність або помилки інших учасників. В подібних ситуаціях нерідко проявляються поведінкові патерни, які складно виявити за допомогою традиційних тестів.

Дослідники також звертають увагу на те, що цифрові симуляції змінюють саму роль кандидата у процесі оцінювання. У класичному тестуванні людина переважно виступає пасивним респондентом, який відповідає на запитання. У гейміфікованому середовищі кандидат стає активним учасником подій, а його поведінка формується у відповідь на зміну умов, дії інших учасників або розвиток сценарію. Через це оцінювання стає більш динамічним і наближеним до реальних робочих процесів.

Окремий інтерес становить використання багатокористувацьких симуляцій, де кілька кандидатів одночасно взаємодіють у межах спільного завдання. Такий формат дозволяє аналізувати не лише індивідуальні реакції, а й стиль комунікації, рівень домінування, готовність до співпраці або схильність до прихованого контролю над групою. Для оцінювання потенційних керівників це має особливе значення, оскільки дає змогу спостерігати поведінку людини в умовах, максимально наближених до управлінської практики.

Разом із тим використання цифрових симуляцій у процесах відбору персоналу потребує обережності. Надмірна довіра до автоматизованого оцінювання може створювати ризик помилкових висновків, особливо якщо алгоритми аналізують поведінку без урахування контексту. Паралельно науковці порушують питання етичних меж поведінкової аналітики в управлінні персоналом, зокрема щодо прозорості критеріїв оцінювання та захисту персональних даних кандидатів.

Ще однією перевагою цифрових симуляцій є можливість накопичення великого обсягу поведінкових даних. Якщо традиційний тест зазвичай фіксує лише фінальну відповідь, то цифрове середовище дозволяє аналізувати сам процес прийняття рішення. Для фахівців з управління персоналом значення можуть мати навіть непрямі показники: частота зміни стратегії, реакція на помилки, схильність до імпульсивних дій або характер взаємодії з віртуальними персонажами.

Сучасні системи оцінювання персоналу дедалі активніше використовують алгоритми штучного інтелекту та поведінкову аналітику, що дозволяє формувати складні цифрові профілі кандидатів на основі великої кількості поведінкових реакцій. Йдеться про перехід від оцінювання

окремих компетентностей до аналізу загальної поведінкової моделі людини. Але цей напрям викликає найбільше етичних дискусій, оскільки межа між кадровою аналітикою та цифровим моніторингом поведінки стає менш очевидною.

Показовим прикладом використання цифрових ігрових симуляцій у сфері управління персоналом є інструмент VASSIP – гейміфікований ситуативний тест, розроблений для оцінювання проявів темної особистості у професійному середовищі. Результати досліджень підтвердили його зв'язок із контрпродуктивною поведінкою та моральним відстороненням працівників [4]. Крім того, кандидати зазвичай сприймають ігрові формати оцінювання більш позитивно, ніж класичні психометричні тести, оскільки вони викликають нижчий рівень напруження та виглядають менш формалізованими.

Попри це, гейміфікацію у процесах відбору не можна розглядати як універсальний метод. Поведінка людини у цифровому середовищі залежить не лише від особистісних характеристик, а й від попереднього ігрового досвіду, рівня цифрової грамотності, особливостей сприйняття ігрових механік чи навіть рівня стресу під час проходження симуляції. Тому більшість дослідників рекомендує використовувати цифрові симуляції не як єдиний інструмент відбору, а як частину комплексної системи оцінювання персоналу.

Гейміфікація поступово перетворюється з елемента корпоративного навчання на окремий інструмент поведінкового аналізу персоналу. Використання цифрових ігрових симуляцій у рекрутингу дозволяє отримати більш реалістичне уявлення про поведінкові моделі кандидата та частково компенсувати обмеження традиційних методів оцінювання. Для українського середовища управління персоналом цей напрям поки що залишається новим, однак розвиток цифрових платформ і поведінкової аналітики робить його перспективним для подальших прикладних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. D. L. Paulhus and K. M. Williams, "The dark triad of personality: Narcissism, Machiavellianism, and psychopathy," *Journal of Research in Personality*, vol. 36, no. 6, pp. 556–563, 2002, doi: 10.1016/S0092-6564(02)00505-6.
2. D. Schwarzingier and H. Schuler, *The Dark Triad of Personality in Personnel Selection*. Göttingen, Germany: Hogrefe, 2023.
3. P. J. Ramos-Villagrasa, E. Fernández-del-Río, and Á. Castro, "Game-related assessments for personnel selection: A systematic review," *Frontiers in Psychology*, vol. 13, Art. no. 952002, 2022, doi: 10.3389/fpsyg.2022.952002.
4. M. P. Navas, E. Fernández-del-Río, and P. J. Ramos-Villagrasa, "Using a serious game for a brief assessment of dark personality in the workplace," *Frontiers in Psychology*, vol. 16, 2026, doi: 10.3389/fpsyg.2025.1686784.

УДК 005.21:005.591.6

СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ТРАНСФОРМАЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ ЗМІН СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

ГОЛОВЧУК Ю.О. (holovchuk312@ukr.net)

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

У роботі досліджено особливості стратегічного управління трансформаційними процесами в умовах динамічних змін соціально-економічного середовища. Обґрунтовано актуальність трансформаційних змін для сучасних організацій в умовах цифровізації, глобалізації, посилення конкуренції та нестабільності зовнішнього середовища. Розглянуто сутність трансформаційних процесів, їх основні напрями та чинники впливу на розвиток організацій. Визначено роль стратегічного планування, цифрової трансформації, корпоративної культури, лідерства та комунікацій у забезпеченні ефективного управління змінами. Проаналізовано особливості адаптації українських підприємств та установ до сучасних викликів, зокрема в умовах воєнного стану та цифрової трансформації економіки.

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується масштабними економічними, соціальними, технологічними та організаційними змінами. Глобалізація, цифровізація економіки, швидкий розвиток інформаційних технологій, посилення конкуренції та нестабільність зовнішнього середовища змушують організації постійно адаптуватися до нових умов функціонування. У таких умовах особливого значення набуває управління трансформаційними процесами як один із ключових напрямів сучасного менеджменту.

Трансформаційні процеси охоплюють комплекс змін, спрямованих на оновлення системи управління, організаційної структури, бізнес-процесів, корпоративної культури, технологій та підходів до прийняття управлінських рішень. Основною метою таких змін є підвищення ефективності діяльності організації, забезпечення її конкурентоспроможності та здатності до сталого розвитку. Особливо актуальним питання управління трансформаційними процесами є для українських підприємств та установ, які функціонують в умовах економічної нестабільності, цифрової трансформації, воєнного стану та інтеграції до європейського економічного простору. Успішне впровадження змін потребує професійного управління, стратегічного мислення, ефективної комунікації та готовності персоналу до адаптації [1, с. 59-63; 2, с. 202-204].

Трансформаційні процеси є невід'ємною складовою розвитку сучасних організацій. Вони можуть бути пов'язані з впровадженням нових технологій, цифровізацією діяльності, реорганізацією структури управління, зміною стратегії розвитку, оптимізацією бізнес-процесів або адаптацією до зовнішніх викликів. У більшості випадків трансформації спрямовані на підвищення гнучкості організації та її здатності швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища.

Однією з головних причин необхідності трансформацій є стрімкий розвиток цифрових технологій. Автоматизація процесів, використання великих даних, хмарних сервісів, штучного інтелекту та цифрових платформ суттєво змінюють принципи функціонування організацій. Традиційні моделі управління поступово втрачають ефективність, а підприємства змушені впроваджувати інноваційні підходи до організації діяльності.

Важливим є управління трансформаційними процесами є стратегічне планування. Керівництво організації повинно чітко визначати мету змін, прогнозувати можливі ризики та оцінювати ресурси, необхідні для реалізації трансформаційних проєктів. Відсутність чіткої стратегії часто призводить до хаотичних змін, неефективного використання ресурсів та опору персоналу.

Однією з найбільших проблем під час впровадження трансформацій є людський фактор. Працівники нерідко сприймають зміни як загрозу стабільності, професійному становищу або звичному способу роботи. Саме тому ефективне управління змінами передбачає активну комунікацію між керівництвом і персоналом, пояснення необхідності трансформацій та формування позитивного ставлення до нововведень [3, с. 2-5; 4, с. 32-36].

Важливу роль у процесі трансформацій відіграє корпоративна культура. Організації, у яких підтримуються інноваційність, відкритість до змін та командна взаємодія, значно легше адаптуються до нових умов. Формування сучасної корпоративної культури сприяє розвитку відповідальності, ініціативності та професійної мобільності працівників.

Суттєвим напрямом трансформаційних процесів є цифрова трансформація управління. Використання цифрових технологій дозволяє автоматизувати документообіг, оптимізувати управлінські процеси, покращити комунікацію між структурними підрозділами та підвищити швидкість прийняття рішень. Цифрові інструменти забезпечують можливість оперативного аналізу даних, контролю ефективності діяльності та прогнозування результатів. В умовах сучасної економіки значного поширення набуває концепція гнучкого управління. Організації переходять від жорстких ієрархічних структур до більш адаптивних моделей управління, які дозволяють швидко реагувати на зміни ринку та потреби споживачів. Гнучкість стає важливою конкурентною перевагою, особливо в умовах кризових ситуацій та нестабільності зовнішнього середовища.

Особливого значення управління трансформаційними процесами набуло в Україні під час воєнного стану. Підприємства та установи змушені адаптуватися до нових економічних умов, змінювати логістичні маршрути, впроваджувати дистанційні форми роботи, забезпечувати кібербезпеку та підтримувати безперервність діяльності. У таких умовах трансформаційні процеси стають необхідною умовою виживання та подальшого розвитку організацій.

Не менш важливим є питання лідерства у процесі трансформацій. Ефективний керівник повинен не лише приймати управлінські рішення, а й мотивувати колектив, підтримувати

командну взаємодію та формувати атмосферу довіри. Саме лідерство забезпечує координацію дій персоналу та успішну реалізацію стратегічних змін [1, с. 64-78; 5, с. 6-16].

Управління трансформаційними процесами також передбачає постійний моніторинг результатів змін. Оцінювання ефективності трансформацій дозволяє своєчасно виявляти проблеми, коригувати управлінські рішення та забезпечувати досягнення поставлених цілей. Для цього використовуються системи показників ефективності, аналітичні інструменти та сучасні методи управлінського контролю. Сучасні трансформаційні процеси мають комплексний характер і охоплюють не лише технологічні чи економічні зміни, а й соціальні засади розвитку організації.

Отже, управління трансформаційними процесами є одним із ключових напрямів сучасного менеджменту, який забезпечує адаптацію організацій до змін зовнішнього середовища та підвищення ефективності їх діяльності. У сучасних умовах трансформації охоплюють усі сфери функціонування організацій – від технологічних процесів до системи управління персоналом і корпоративної культури. Ефективне управління трансформаційними процесами потребує стратегічного планування, професійного лідерства, розвитку комунікацій та готовності персоналу до змін. Особливого значення набувають цифровізація управління, впровадження інноваційних технологій та формування гнучких моделей організації діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] L. Azevedo, B. Haupt, and A. Rahman Bhuiyan, "The state of crisis communication in contemporary nonprofit literature," *Journal of Nonprofit & Public Sector Marketing*, vol. 37, no. 1, pp. 58-79, 2025, doi: 10.1080/10495142.2024.2347376
- [2] Ю. О. Головчук and А. Боровик, "Стратегічне управління комунікаційними процесами в закладах охорони здоров'я," in *Матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку»*, Київ, Україна, Apr. 10, 2025, П. В. Захарченко, Ed. Київ, Україна: КНУБА, 2025, pp. 202-204. [Online]. Available: <https://dspace.vnmu.edu.ua/123456789/9874>
- [3] A. Duval and A. Mariangélica, "Gestión de la comunicación en redes sociales sincrónicas para la responsabilidad social corporativa," *Human Networks Journal*, no. 1, pp. 1-6, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15258986
- [4] Ю. О. Головчук, Я. В. Паламаренко, and І. М. Лепетан, "Комунікаційний менеджмент як складова стратегічного управління організацією," *Інвестиції: практика та досвід*, no. 13, pp. 31–38, 2025, doi: 10.32702/2306-6814.2025.13.31.
- [5] S. M. Pashkovskyi, Y. O. Holovchuk, V. V. Kalnysh, A. V. Shvets, O. L. Honcharov, N. V. Koval, and O. V. Saichuk, "Occupational burnout and stress among medical staff: empirical analysis and strategies for minimizing their negative impact," *Ukrainian Journal of Military Medicine*, no. 7, pp. 5-18, 2026, doi: 10.46847/ujmm.2026.1(7)-005

УДК 658:004

ВИКОРИСТАННЯ МОВИ MERMAID ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ МАРКЕТИНГУ

РАТУШНЯК Т.В. (ratush_tanya@ukr.net)

Державний податковий університет,

ШИМАНСЬКА А.Я. (asiashu2006@gmail.com)

Університет Humanitas,

МОЛИБОГА С.Р. (molybogasveta@gmail.com)

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Запропоновано інноваційний підхід до візуалізації маркетингових стратегій, який ґрунтується на синергії концепції «Graph-as-a-Code», декларативної мови розмітки Mermaid та мультимодальних моделей штучного інтелекту, зокрема Gemini. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю трансформації статичних моделей споживчої поведінки у динамічні цифрові об'єкти, що є важливим для управління бізнес-процесами.

У сучасній теорії реклами однією з фундаментальних моделей споживчої поведінки залишається AIDA. Її сенс полягає у проведенні потенційного клієнта крізь чотири критичні стадії: від миттєвого привернення уваги (Attention), збудження інтересу до продукту (Interest), формування емоційного бажання володіти ним (Desire) до фінальної мети – покупки, тобто дії (Action). Оскільки на кожному етапі частина аудиторії відсіюється, цей процес традиційно візуалізують як «воронку продажів» – графічну модель, що демонструє звуження потоку потенційних споживачів від широкого охоплення до конкретного конверсійного результату.

Ефективність цієї моделі залежить від точності візуалізації кожного етапу, що дозволяє маркетологу бачити «вузькі місця» в комунікації. У роботі пропонується методика перетворення маркетингової стратегії у динамічну діаграму за допомогою мови розмітки Mermaid [1] та мультимодальної моделі штучного інтелекту Gemini [2]. Дослідження базується на кейсі реклами сонячних панелей. Процес розробки воронки продажів проходить три ітерації:

I. Концептуальний етап. На основі посібника [3] сформовано базис моделі. Виконання етапу забезпечено через запит до Gemini: «Опиши модель AIDA за рівнями впливу. Додай поради для продажу сонячних панелей за зразком: Рівень — Зміст — Порада».

Результат: отримано адаптований під нішу відновлюваної енергетики опис, де кожен рівень воронки має чітке психологічне завдання та конкретний інструмент впливу.

II. Інтелектуальна генерація коду. Перехід від тексту до синтаксису Mermaid. Запит до Gemini: «Запропонуй код мовою Mermaid, щоб описати модель AIDA у формі воронки. Відокрем назву кожного рівня в окремий графічний елемент, а зміст і пораду залиш у блоці опису».

Результат: сформовано програмний код мовою Mermaid (flowchart TD), де використано параметри ширини (width) та HTML-теги для коректного вирівнювання тексту. Це забезпечило візуальне звуження блоків, що відповідає маркетинговій логіці воронки.

III. Технічна візуалізація. Розміщення коду у середовищі Mermaid Live Editor [1], який забезпечує автоматичний рендеринг зображення (рис. 1). Цей етап дозволяє миттєво адаптувати візуалізацію стратегії, змінюючи лише рядки коду, що значно швидше за використання традиційних графічних редакторів.

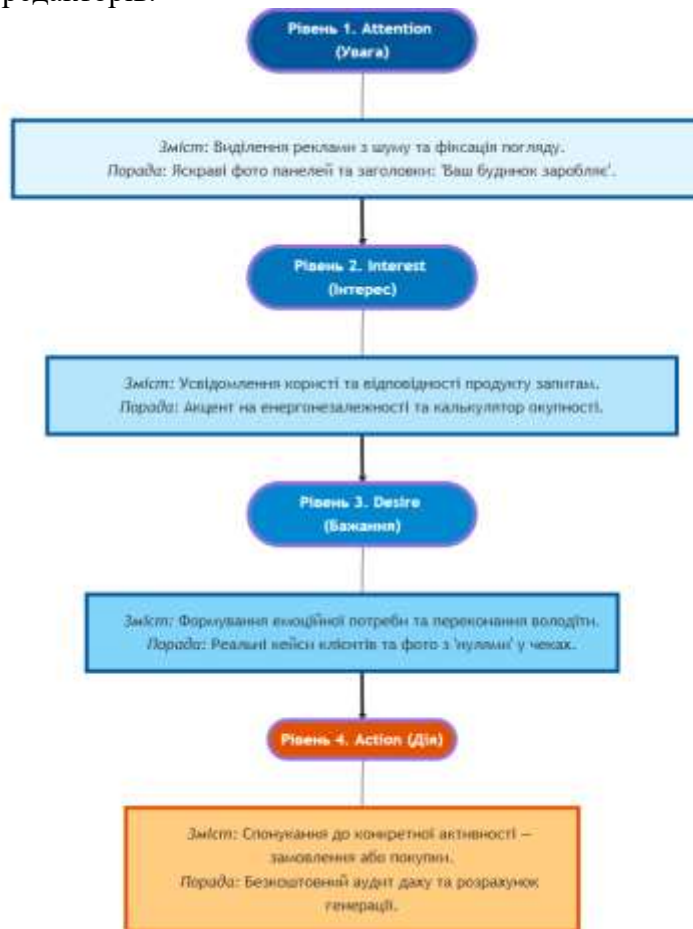


Рис.1 – Воронка продажів сонячних панелей

Особливістю розробленої моделі є поєднання структури коду Mermaid із гнучким контентом, адаптованим під потреби екологічно свідомого споживача. На етапі Attention критично важливим є використання візуальних тригерів, що апелюють до фінансової вигоди («будинок, що заробляє»). Рівень Interest фокусується на раціональних аргументах: технічній надійності та довговічності («понад 25 років експлуатації»), що трансформує абстрактну увагу в усвідомлену цікавість. Етап Desire реалізується через емоційне залучення та соціальні докази (кейси реальних домогосподарств із нульовими рахунками), створюючи ефект причетності до прогресивної спільноти. Завершальний етап Action мінімізує поріг входу через пропозицію безкоштовного енергоаудиту. Така декомпозиція, реалізована засобами Mermaid, дозволяє маркетологу не просто бачити структуру, а й оперативно коригувати вербальні та візуальні стимули на кожному кроці клієнтського шляху, підвищуючи загальну конверсію системи.

Висновки. Дослідження доводить, що мова Mermaid є потужним інструментом для маркетолога. Поєднання аналітичних можливостей штучного інтелекту та структурної гнучкості Mermaid значно спрощує процес проєктування маркетингових воронки, дозволяючи зосередитися на стратегічній ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Mermaid. “Mermaid: Diagramming and charting tool.” mermaid.js.org. <https://mermaid.js.org/> (accessed Mar. 31, 2026).
- [2] Google. “Gemini (version 3 Flash): Multimodal AI model.” gemini.google.com. <https://gemini.google.com> (accessed Mar. 31, 2026).
- [3] N. V. Popova, Основи реклами (Fundamentals of Advertising). Kharkiv, Ukraine: V.N. Karazin Kharkiv National University, 2011. [Online]. Available: <https://surl.li/veeazl> (accessed Mar. 31, 2026).

Розділ 4.

Технологічні інновації та сучасні ігрові механіки (геймдизайн, AR/VR, IoT і взаємодія з іграми, носимі пристрої та їх роль у геймінгу)

UDC 004.94:004.896:519.816

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF METHODS FOR PROCEDURAL GENERATION AND NETWORK SYNCHRONIZATION OF LARGE-SCALE VOXEL WORLDS IN REAL-TIME

FEDENOV V., PODOROZHNIAK A.

(fedenev.vlad41@gmail.com, andrii.podorozhniak@khpі.edu.ua)

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine

This conference talk presents methods for procedural generation and network synchronization of large-scale voxel worlds in real-time. The work tackles key challenges in voxel-based game engines, such as real-time rendering, memory usage, and multiplayer network synchronization, where millions of blocks increase RAM consumption and network latency. The authors combine multi-octave Perlin noise for terrain generation, Greedy Meshing with cross-chunk face culling for rendering optimization, and Run-Length Encoding (RLE) for lossless compression of 3D voxel arrays. A server-authoritative architecture is built on the Fish-Networking stack with Steam Datagram Relay, using delta synchronization to send only modified block data, keeping network overhead below 12 bytes per block change. Benchmarks show asynchronous job-system-based generation of up to 64 chunks per frame, Greedy Meshing reducing polygons and draw calls by about 85%, and RLE achieving ~50:1 compression, shrinking chunk size from ~128 KB to under 3 KB. For 8-player sessions, client-side bandwidth stays below 80 Kbps, confirming suitability for consumer networks. The talk presents a practical, reusable framework for scalable, high-performance multiplayer voxel engines and outlines a basis for future work in dynamic voxel simulation and large-scale collaborative sandbox environments.

The development of large-scale voxel-based game engines presents significant computational and architectural challenges, particularly in the realms of real-time rendering, memory management, and multiplayer network synchronization. As noted by Lengyel [1], voxel worlds are composed of millions of individual blocks, where traditional rendering and networking approaches become critical bottlenecks due to the volumetric nature of the data. This often leads to excessive RAM consumption and high network latency, especially when expanding a single-player procedural generation system into a multiplayer environment. In this research, we address these challenges by implementing advanced procedural generation methods based on noise functions [2], spatial mesh optimization algorithms [3], and efficient data compression techniques tailored for real-time multiplayer interactions over peer-to-peer networks. By mitigating the performance overhead of voxel manipulation and minimizing network payload using modern communication frameworks [4], we aim to enhance the overall player experience, maintaining a stable framerate and server tick rate. In the subsequent sections, we will explore the methods employed to optimize rendering, compress chunk data, and synchronize the world state utilizing Valve's network topologies [5], ultimately contributing to the development of highly scalable sandbox applications.

Object of Research

The primary focus of this research is to investigate and apply procedural generation methods, rendering optimization, and data compression algorithms specifically tailored for large-scale voxel game engines in a multiplayer context. The rapid growth of sandbox and survival game genres – exemplified by titles such as Minecraft, Teardown, and Rising World – has highlighted the need for scalable voxel architectures capable of handling thousands of dynamic block modifications per second in real-time

multiplayer sessions. As suggested in modern game engine architectures [6], we aim to develop a deeper understanding of how procedural terrain generation, mesh optimization, and delta-based network synchronization can be effectively combined to minimize CPU/GPU load, reduce memory footprint, and optimize network bandwidth consumption during the continuous streaming of volumetric data. The ultimate goal is to establish a reusable architectural blueprint applicable to any voxel-based multiplayer engine.

Subject of Research

The subject of this study encompasses the various aspects related to voxel chunk generation utilizing multi-octave Perlin noise [2], mesh optimization via the Greedy Meshing algorithm [3], lossless data compression using Run-Length Encoding (RLE), and client-server synchronization protocols built on the Fish-Networking stack [4] with Steam Datagram Relay (SDR) integration [5]. Specifically, we investigate: 1) the relationship between noise octave count and terrain quality versus generation time; 2) the reduction in Draw Calls and vertex count achieved by Greedy Meshing with cross-chunk face culling; 3) the compression ratio and serialization speed of RLE applied to three-dimensional voxel arrays; and 4) the network bandwidth consumption (measured in Kbps) during chunk streaming under various player counts. Our analysis will be centered on identifying the most resource-intensive bottlenecks in procedural generation and evaluating the effectiveness of each optimization method in complex, dynamically changing environments [6].

Methods of Research

To achieve our research objectives, we employed a multifaceted approach integrating several advanced methods and techniques:

1. Procedural Terrain Generation:

Multi-octave Perlin noise [2] combined with temperature-humidity biome maps was used to procedurally generate complex terrains. Chunk generation is processed asynchronously via the Unity C# Job System [7] with Burst compilation, eliminating main-thread stalls during player traversal and enabling generation throughput of up to 64 chunks per frame on mid-range hardware.

2. Rendering Optimization via Greedy Meshing:

The Greedy Meshing algorithm [3] was refined with cross-chunk face culling and integrated into the Unity Job System pipeline. This algorithm merges adjacent voxel faces of identical type into single large quads, reducing the average polygon count per chunk by up to 85% compared to naive face-per-block generation, and decreasing the number of Draw Calls proportionally, as established in real-time rendering literature [8].

3. Data Compression for Volumetric Structures:

Run-Length Encoding (RLE) was applied to three-dimensional arrays of chunk block data prior to network transmission. Since voxel worlds exhibit high spatial coherence – large contiguous regions of identical block types – RLE achieves an average compression ratio of 50:1 on typical terrain chunks, drastically reducing serialized payload size from approximately 128 KB to under 3 KB per chunk.

4. Network Architecture Modeling:

A Server-Authoritative network model was implemented using the Fish-Networking stack [4] with Steamworks peer-to-peer integration [9]. All traffic is routed through Steam Datagram Relay (SDR) [5], providing secure NAT-punching connections without exposing user IP addresses. The server maintains the authoritative world state and validates all block placement and destruction events before broadcasting updates to clients.

5. Delta Synchronization:

To minimize network traffic, world modifications do not trigger full chunk re-transmission. Instead, the server broadcasts only the modified block coordinates and new block IDs as compact delta packets to all connected clients. This approach, following best practices for multiplayer synchronization [6], reduces per-modification network overhead to fewer than 12 bytes per block change regardless of chunk size.

6. Validation and Evaluation:

Performance benchmarks were conducted measuring: average frame time (ms) and Draw Call count before and after Greedy Meshing; peak RAM consumption during chunk loading; RLE compression ratio

and serialization throughput (MB/s); and network bandwidth consumption (Kbps) during simultaneous multi-player chunk streaming sessions with 2, 4, and 8 players.

Conclusions

This research was dedicated to the scientific and applied challenge of optimizing procedurally generated voxel worlds for real-time multiplayer environments. The following key outcomes were achieved:

7. Procedural Generation Performance: The integration of multi-octave Perlin noise generation with the Unity C# Job System [7] and Burst compiler eliminated main-thread stalls entirely during chunk generation. Benchmarks demonstrated generation of 64 chunks per frame on mid-range hardware, enabling seamless infinite-world traversal without visible loading delays.

8. Rendering Load Reduction: The refined Greedy Meshing algorithm [3] reduced the average polygon count per chunk by approximately 85% and decreased Draw Calls by a corresponding factor. This resulted in a frame-time improvement from ~22 ms to ~6 ms per rendered chunk cluster on the test hardware, directly enabling a stable 60+ FPS target.

9. Data Compression Efficiency: The RLE-based serialization protocol achieved an average compression ratio of 50:1 on typical terrain data, reducing serialized chunk size from ~128 KB to under 3 KB. This dramatically lowered the bandwidth requirement for initial world streaming and allowed chunk transmission over low-bandwidth connections without perceptible latency.

10. Multiplayer Synchronization: The Server-Authoritative architecture via SDR [5] provided robust, cheat-resistant synchronization with an average delta-packet size of under 12 bytes per block modification. Network bandwidth during active 8-player sessions remained below 80 Kbps per client, confirming the viability of the approach for consumer-grade internet connections.

By combining these four pillars – asynchronous procedural generation, geometry optimization, lossless compression, and authoritative delta synchronization – this research contributes a practical and reusable architectural framework for building scalable, high-performance multiplayer voxel engines. The results confirm that each optimization is individually significant and that their combination yields compounding performance gains, establishing a strong foundation for future work in dynamic voxel simulation and large-scale collaborative sandbox environments.

REFERENCES

1. J. Gregory, "Game Engine Architecture: Volume I, Foundations and Core Engine Systems," 4th ed., CRC Press, 2026, 611 p., doi: 10.1201/9781003371519.
2. K. Perlin, "Improving noise," ACM Transactions on Graphics (TOG), vol. 21, iss. 3, 2002, pp. 681-682, doi: 10.1145/566654.566636.
3. M. Lysenko, "Meshing in a Minecraft Game," 0fps.net, Jun. 2012. [Online]. Available: <https://0fps.net/2012/06/30/meshing-in-a-minecraft-game/>.
4. Fish-Networking, "Fish-Net: High-Performance Networking for Unity," fish-networking.gitbook.io, 2023. [Online]. Available: <https://fish-networking.gitbook.io/docs>.
5. Valve Corporation, "Steam Datagram Relay (SDR) Documentation," Steamworks Documentation, 2023. [Online]. Available: <https://partner.steamgames.com/doc/features/isteamnetworkingutils>.
6. N. Shaker, J. Togelius, and M. J. Nelson, "Procedural Content Generation in Games," Springer Cham, 2016, 237 p., doi: 10.1007/978-3-319-42716-4.
7. Unity Technologies, "C# Job System and Burst Compiler Documentation," Unity User Manual, 2023. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/JobSystem.html>.
8. T. Akenine-Möller, E. Haines, and N. Hoffman, "Real-Time Rendering," 4th ed., A K Peters/CRC Press, 2018, 1198 p., doi: 10.1201/b22086.
9. Facepunch Studios, "Facepunch.Steamworks Documentation," GitHub, 2023. [Online]. Available: <https://github.com/Facepunch/Facepunch.Steamworks>.

NOTIFICATION AND COMMUNICATION METHODS IN INFORMATION SYSTEMS FOR RESIDENTIAL COMPLEXES

HRYNCHAK M.O. (1234567maxgrynchak@gmail.com),

MELNYK O.V. (o.melnyk@vntu.edu.ua)

Vinnitsia National Technical University

This paper examines notification and communication methods used in information systems designed for residents of residential complexes. The study analyses push notifications, email, SMS, in-app messaging, and WebSocket-based real-time communication. A comparative evaluation of these methods is performed with respect to delivery speed, reliability, and user engagement. The proposed unified web service architecture integrates multiple communication channels to ensure timely and effective information delivery to residents.

Problem statement. Modern residential complexes (RC) require efficient and timely communication between management entities and residents. Traditional bulletin boards and manual phone calls are no longer sufficient for managing maintenance requests, emergency alerts, community announcements, and billing notifications. Information systems for RC must incorporate diverse notification mechanisms capable of reaching residents across different devices and platforms while guaranteeing message delivery and acknowledgment [1].

Analysis of existing solutions. A review of existing platforms such as SmartHouse, MyHOA, and similar systems reveals that most rely on a single communication channel – typically email or SMS. This introduces a single point of failure and limits reach among residents who prefer alternative channels. Research confirms that multi-channel notification systems significantly improve response rates compared to single-channel approaches [2].

Communication methods. Five primary communication methods were evaluated for integration into the unified web service:

Push notifications are delivered directly to mobile or desktop devices via service workers or native OS notification APIs. They are effective for time-sensitive alerts and do not require the user to be actively using the application. The mean notification delivery latency is defined by the expression:

$$L_{avg} = (1/n) \sum (t_{i,d} - t_{i,s}), \quad (1)$$

where L_{avg} is the average delivery latency (s), n is the number of notifications, $t_{i,d}$ is the delivery timestamp of the i -th notification, and $t_{i,s}$ is the send timestamp of the i -th notification.

Email notifications are suitable for non-urgent, detailed messages such as monthly utility bills or community meeting minutes. Modern email protocols (SMTP, IMAP) ensure reliable delivery with low infrastructure cost, yet delivery may be delayed by spam filters or offline recipients.

SMS notifications offer high deliverability and are accessible on all mobile devices regardless of internet connectivity, making them critical for emergency communications. However, SMS incurs per-message costs and is unsuitable for rich content.

In-app messaging provides a persistent communication log within the resident portal. Messages are stored server-side and accessible at any time, supporting read receipts and structured threads for maintenance requests or complaints.

Real-time WebSocket communication enables bidirectional data exchange between the server and client with minimal latency. This is particularly suitable for live updates such as gate access events, parcel delivery alerts, or emergency broadcast messages. The throughput capacity T of a WebSocket server under concurrent load is expressed as:

$$T = C \times R_{msg}, \quad (2)$$

where T is the message throughput (messages/s), C is the number of concurrent connections, and R_{msg} is the average message rate per connection (messages/s).

Proposed architecture. The unified web service integrates all five channels through a notification dispatcher module that applies user-defined preferences and priority rules. A resident may configure primary and fallback channels: for example, push notification as primary and SMS as fallback if the push is unacknowledged within 60 s. The dispatcher tracks delivery status using asynchronous callbacks and

logs all events for audit purposes. The backend is implemented as a RESTful API using Node.js and WebSocket protocol support is provided via the Socket.IO library [3]. The frontend resident portal is built as a Progressive Web Application (PWA), enabling push notification support across platforms without native app installation [4].

Conclusions. The comparative analysis demonstrates that no single notification channel satisfies all communication scenarios in a residential complex information system. A multi-channel architecture with user-configurable preferences and automatic fallback mechanisms provides the highest reliability and resident engagement. The integration of WebSocket-based real-time messaging with asynchronous push, email, and SMS channels in the proposed unified web service addresses the identified problem and forms a complete communication framework for modern residential complexes.

REFERENCES

- [1] S. Wang and J. Zhang, "Design of a smart community management information system," in Proc. 2021 Int. Conf. Computer Engineering and Application (ICCEA), Shenyang, China, 2021, pp. 112–116.
- [2] M. Al-Kuwari, A. Ramadan, R. Nunez-Solis, and V. Lopez, "Smart-home automation using IoT-based sensing and monitoring platform," in Proc. 2018 IEEE 12th Int. Conf. Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG 2018), Doha, Qatar, Apr. 2018, pp. 1–6.
- [3] Socket.IO, "Introduction – Socket.IO," Socket.IO Documentation, 2024. [Online]. Available: <https://socket.io/docs/v4/> (Accessed: April 16, 2026).
- [4] MDN Web Docs, "Progressive web apps (PWAs)," Mozilla Developer Network, 2024. [Online]. Available: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Progressive_web_apps (Accessed: April 16, 2026).

УДК 004.75:004.4:004.056

HIGH-PERFORMANCE DECENTRALISED SYSTEMS FOR COMPUTER GAME BACKENDS USING SOLANA

KHOSHABA O. (pzmag2022@gmail.com)
Vinnytsia National Technical University, Ukraine

The paper substantiates the justified use of decentralised distributed systems in computer-game backend architecture and argues that such systems should be employed selectively rather than as a universal substitute for conventional server infrastructure. The research addresses the problem of balancing performance, operational simplicity and low latency with the need for verifiable ownership, transparent settlement, trustworthy event histories, reliability and secure handling of critical records. The study's tasks are to compare centralised and decentralised backend models, to identify game-industry processes for which decentralisation is functionally warranted, and to assess Solana as an example of a high-performance blockchain platform suitable for hybrid game backends. It is shown that the most justified areas of application include financial operations, management of scarce digital assets, secondary marketplaces, transfer of avatars and other digital entities, and registration of economically significant events. The paper concludes that Solana can be considered an efficient infrastructural component of a hybrid backend in which transparency, data integrity, and resilience against unilateral record manipulation are required.

Modern computer games are increasingly organised as long-term service ecosystems in which the backend performs far more functions than simply storing user progress. It coordinates player authentication, matchmaking, game-state synchronisation, anti-cheat procedures, telemetry collection, monetisation workflows, community interactions, and the circulation of digital assets. Under these conditions, the architectural design of backend services influences not only technical stability but also the credibility of economic and social relations within a game environment. The problem considered in this paper lies in the fact that centralised infrastructures remain the most efficient solution for the majority of

latency-sensitive operations, whereas some economically significant and legally sensitive processes require stronger guarantees of integrity, transparency, auditability and trusted ownership than a purely centralised server can provide on its own [1-3].

To address this problem, the paper solves several interconnected tasks. First, it differentiates between centralised and decentralised approaches to backend construction in the context of computer games. Secondly, it identifies the classes of game-related operations for which decentralisation is not merely fashionable but functionally justified. Thirdly, it clarifies which reliability and data-security properties of blockchain-based systems are relevant for practical game development and operation. Finally, it evaluates Solana as a concrete technological example of a high-performance blockchain that may be incorporated into a hybrid backend model. Such a formulation is important because it focuses not on blockchain as an autonomous ideology, but on technology-driven innovation in game mechanics and backend engineering.

From a systems engineering standpoint, a complete migration of game logic to a blockchain is rarely rational. Real-time gameplay loops, combat interactions, positional updates, voice communication, rapid synchronisation, session management and most anti-cheat checks require low latency, predictable throughput and direct operator control. In these domains, conventional centralised services remain more appropriate. Decentralised systems introduce consensus overhead, more demanding key-management procedures, smart-contract auditing requirements, higher operational complexity and, in many cases, additional financial cost per recorded transaction [3-5]. For this reason, the use of decentralisation in games should be based on the principle of justified necessity: a decentralised mechanism is reasonable only where the architectural properties of distributed trust, immutable history or independently verifiable ownership are genuinely required.

The first such area is financial and settlement-related activity. Transactions involving players, tournament rewards, creator royalties, marketplace payments, peer-to-peer exchange and settlement between platform actors benefit from a ledger that records operations in a verifiable and tamper-resistant manner [3, 4, 6]. In a traditional centralised environment, the operator may unilaterally alter or suppress transaction histories, which can lead to disputes over balances, withdrawals, prize distributions, or compensation for digital goods. A decentralised ledger provides a common, auditable record that multiple participants can verify, thereby increasing confidence in economically significant interactions. This is particularly relevant in game ecosystems that include user-generated content, competitive rewards, persistent digital economies or cross-border microtransactions.

A second justified area concerns scarce digital assets and the confirmation of ownership rights. Modern games increasingly contain avatars, skins, unique items, access keys, tickets, badges, land plots, collectable objects and other digital entities that acquire economic or symbolic value for players. Where such entities are intended to be transferable, tradable, persistent across updates, or visible beyond a single local database, a blockchain-based representation becomes functionally attractive [7, 8]. The chain can provide proof of issuance, proof of transfer and an accessible history of ownership. This is especially important for secondary markets and cross-platform ecosystems, where the same avatar or item must be recognised by multiple services. In such cases, decentralised records reduce dependence on a single database administrator and make the circulation of high-value digital objects more transparent. At the same time, the paper stresses that only the critical ownership record should be placed on chain, whereas bulky media files and transient gameplay metadata should remain off-chain.

A third area is the registration of significant game events. Competitive gaming, live-service titles and digital economies frequently involve actions whose consequences extend beyond a single short session. These include asset issuance, tournament reward allocation, rare-achievement registration, the provenance of limited objects, and other events that may later become subject to dispute or economic exploitation. A decentralised ledger can operate as a trusted register for such events without replacing the full operational backend. In this sense, blockchain should be interpreted as a specialised infrastructural layer for confirmation and audit rather than as a substitute for all forms of game-state management [6, 8].

An important addition to this argument is that blockchain-based decentralised systems contribute to data reliability and the security of data use. Their reliability is linked to replicated storage, consensus-based state transitions, and the absence of a single point of mutation in the authoritative record. Their security value derives from cryptographic verification, append-only record structures and the difficulty of undetected retrospective tampering [1, 2, 9]. Consequently, such systems can strengthen integrity guarantees for critical records, support audit trails, reduce the risk of unilateral falsification by an operator, and improve evidentiary quality in disputes over digital assets or settlement operations.

Nevertheless, these properties must not be idealised. Smart-contract defects, wallet compromise, inadequate access control, privacy leakage and regulatory constraints remain serious risks [7, 9]. Therefore, data security in blockchain systems is best understood not as absolute invulnerability, but as a different security model in which some risks are reduced while other risks shift towards contract design, key custody and interface security.

Within this framework, Solana is noteworthy as a representative high-performance platform whose architecture was designed to reduce coordination overhead in a Byzantine fault-tolerant replicated state machine and to support high throughput with comparatively low transaction costs [10]. Its relevance to computer-game backends lies not in the claim that every game should become blockchain-based, but in the possibility of integrating a performant, decentralised layer for high-load asset operations, auditable settlement, persistent identity-linked records, and the transparent circulation of valuable in-game entities. In combination with conventional servers, Solana can support a hybrid architecture in which centralised services preserve responsiveness and flexible game administration, while decentralised modules provide trusted ownership, reproducible ordering of critical records and higher resistance to unilateral data manipulation [6, 8, 10].

Thus, the study concludes that decentralised distributed systems are justified in computer-game backend architecture only for a limited yet strategically important set of tasks. Their principal value emerges where financial accountability, verifiable ownership, secure use of critical data, marketplace transparency and long-term auditability are indispensable. For the purposes of section 4, this allows blockchain technology to be interpreted as an element of technological innovation and modern game mechanics rather than as an isolated financial trend. Owing to its performance-oriented design, Solana may serve as an effective infrastructural component of such solutions, provided that developers adopt a hybrid model and place on-chain only those processes for which decentralisation yields a clear functional advantage.

REFERENCES

- [1] M. Castro and B. Liskov, "Practical Byzantine Fault Tolerance," in Proc. 3rd Symp. Operating Systems Design and Implementation (OSDI), New Orleans, LA, USA, 1999, pp. 173-186.
 - [2] Z. Zheng, S. Xie, H.-N. Dai, X. Chen and H. Wang, "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends," in 2017 IEEE Int. Congr. Big Data (BigData Congress), Honolulu, HI, USA, 2017, pp. 557-564, doi: 10.1109/BigDataCongress.2017.85.
 - [3] F. Casino, T. K. Dasaklis and C. Patsakis, "A Systematic Literature Review of Blockchain-Based Applications: Current Status, Classification and Open Issues," Telematics and Informatics, vol. 36, pp. 55-81, 2019, doi: 10.1016/j.tele.2018.11.006.
 - [4] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," 2008. [Online]. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
 - [5] M. Xu, X. Chen and G. Kou, "A systematic review of blockchain," Financial Innovation, vol. 5, no. 1, Art. no. 27, 2019, doi: 10.1186/s40854-019-0147-z.
 - [6] V. Rishiwal, U. Agarwal, M. Yadav, A. Alotaibi, P. Yadav and S. Tanwar, "Blockchain-Secure Gaming Environments: A Comprehensive Survey," IEEE Access, vol. 12, pp. 183466-183488, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3510467.
 - [7] W. Rehman, H. e Zainab, J. Imran and N. Z. Bawany, "NFTs: Applications and Challenges," in 2021 22nd Int. Arab Conf. Information Technology (ACIT), 2021, pp. 1-7, doi: 10.1109/ACIT53391.2021.9677260.
 - [8] G. Jaferian, D. Ramezani and M. G. Wagner, "Blockchain Potentials for the Game Industry: A Review," Games and Culture, vol. 20, no. 6, 2025, doi: 10.1177/15554120231222578.
 - [9] P. J. Taylor, T. Dargahi, A. Dehghantanha, R. M. Parizi and K.-K. R. Choo, "A systematic literature review of blockchain cyber security," Digital Communications and Networks, vol. 6, no. 2, pp. 147-156, 2020, doi: 10.1016/j.dcan.2019.01.005.
 - [10] A. Yakovenko, "Solana: A New Architecture for a High Performance Blockchain v0.8.13," 2018. [Online]. Available: <https://solana.com/solana-whitepaper.pdf>
- UDC 615.2:004.9

PERSONALIZATION OF MEDICATION SCHEDULES IN DRUG THERAPY SUPPORT SYSTEMS

KOVALCHUK I.S. (ivan.kovalchuk1338@gmail.com), REYDA O.M. (reyda@vntu.edu.ua)
Vinnytsia National Technical University

This paper addresses the challenge of personalized medication scheduling in web-based health information systems. The study proposes a model for adaptive schedule generation based on patient-specific parameters, including pharmacokinetic profiles, daily routines, comorbidities, and individual drug interactions. A scoring algorithm is introduced to rank candidate schedules according to adherence probability and therapeutic efficacy. A prototype web-oriented monitoring system was developed and evaluated, demonstrating improved adherence rates compared to standard fixed-interval scheduling approaches.

Introduction. Non-adherence to prescribed medication regimens remains a critical problem in contemporary healthcare. According to the World Health Organization, approximately 50% of patients with chronic conditions fail to take their medications as prescribed, resulting in preventable hospitalizations and increased treatment costs [1]. Web-oriented information-analytical systems offer a promising platform for delivering personalized reminders and adaptive schedules that account for the complexity of multi-drug regimens. However, most existing solutions rely on rigid, fixed-interval scheduling that ignores pharmacokinetic variability and patient lifestyle, thus limiting their practical effectiveness.

Problem Statement. The central challenge is to formalize a scheduling model that simultaneously satisfies clinical constraints (therapeutic windows, drug-drug interaction avoidance) and behavioral constraints (user routine, meal times, sleep patterns). This requires integrating heterogeneous data sources within a unified analytical framework capable of generating and dynamically revising personalized medication schedules.

Proposed Approach. The proposed approach models each medication schedule as a time-ordered sequence of administration events. Let Ω denote the set of all candidate schedules for a patient with n prescribed drugs. A scoring function $S(\omega)$ is defined for each schedule $\omega \in \Omega$, formulated as a weighted sum of sub-criteria:

$$S(\omega) = w_1 \cdot A(\omega) + w_2 \cdot E(\omega) - w_3 \cdot R(\omega), \quad (1)$$

where $A(\omega)$ is the predicted adherence index (dimensionless, range 0–1) estimated from historical user behavior patterns; $E(\omega)$ is the pharmacokinetic efficacy index computed from plasma concentration curves relative to therapeutic reference intervals; $R(\omega)$ is the drug-drug interaction risk index derived from a curated interaction database; and w_1, w_2, w_3 are positive weighting coefficients satisfying $w_1 + w_2 + w_3 = 1$.

The schedule with the maximum score $S(\omega)$ is selected and presented to the patient via a web interface. If the user's contextual data changes (e.g., reported side effects, missed doses, or lifestyle modifications), the model is re-evaluated and the schedule is updated accordingly. The adherence index $A(\omega)$ is derived using a logistic regression model trained on anonymized usage logs, while $E(\omega)$ integrates one-compartment pharmacokinetic parameters – absorption rate constant k_a , elimination rate constant k_e , and volume of distribution V_a – retrieved from standardized drug databases [2].

System Architecture and Implementation. The system is implemented as a three-tier web application: a React-based front end, a Node.js/Express REST API layer, and a PostgreSQL database. The analytical module responsible for schedule personalization is encapsulated as a microservice, enabling independent scaling and updating. User-specific parameters (age, body mass, renal function, concomitant diagnoses) and drug-specific parameters are stored in normalized database tables. Push notifications are dispatched via a WebSocket channel to ensure real-time delivery of medication reminders regardless of the user's device state [3].

Experimental Evaluation. A pilot study was conducted involving 42 patients receiving polypharmacy treatment (four or more concurrent drugs) over a 30-day observation period. Participants were randomly divided into a control group using a standard fixed-interval reminder application and an experimental group using the proposed personalized system. Medication adherence was measured as the ratio of doses taken on schedule to the total prescribed doses. The experimental group achieved a mean

adherence rate of 87.4%, compared with 71.2% in the control group, representing a statistically significant improvement ($p < 0.05$). The reduction in the drug interaction risk index $R(\omega)$ across generated schedules was 34% relative to the naive default scheduling strategy [4].

Conclusions. The study demonstrates that personalization of medication schedules based on pharmacokinetic modeling, behavioral analytics, and interaction risk assessment yields measurable improvements in patient adherence and treatment safety. The proposed scoring function provides a transparent and computationally efficient mechanism for schedule optimization within a web-oriented monitoring system. Future work will focus on integrating real-time physiological sensor data and expanding the interaction database to cover herbal supplements and over-the-counter drugs.

REFERENCES

- [1] World Health Organization, "Adherence to Long-Term Therapies: Evidence for Action," WHO, Geneva, Switzerland, 2003.
- [2] L. Aarons, "Pharmacokinetics: An Introduction," Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 1981.
- [3] M. Islam, M. Rahaman, and M. I. Ahmed, "Development of Smart Healthcare Monitoring System in IoT Environment," SN Computer Science, vol. 1, no. 3, pp. 1–8, May 2020. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-020-00195-y> (Accessed: April 16, 2026).
- [4] S. Alsolami, T. Alotaibi, and H. Alharthi, "A Systematic Review of Medication Reminder Mobile Applications for Adherence to Medications," JMIR mHealth and uHealth, vol. 11, e40073, 2023. [Online]. Available: <https://mhealth.jmir.org/2023/1/e40073> (Accessed: April 16, 2026).

UDC 004.62:004.75

OPTIMIZATION OF STORAGE AND INDEXING OF EDUCATIONAL CONTENT IN DISTRIBUTED SYSTEMS

LAVRENIUK A.O. (arsenlavreniuk@gmail.com),
MAIDANIUK V.P. (maidaniuk2000@gmail.com)
Vinnitsia National Technical University

The paper addresses the problem of efficient storage and indexing of educational content in distributed systems. The proposed approach combines multi-level caching, distributed hash tables, and semantic indexing based on vector embeddings to reduce data access latency and improve retrieval accuracy. Experimental results demonstrate a reduction in average query response time by up to 42 % compared to conventional centralized solutions, alongside improved scalability for large educational platforms.

Problem statement. Modern e-learning platforms accumulate vast repositories of educational materials including video lectures, interactive exercises, assessments, and structured curricula. As these repositories grow to millions of items served across geographically dispersed nodes, traditional centralized storage architectures become performance bottlenecks. High query latency, poor fault tolerance, and inefficient metadata retrieval directly degrade the quality of the learning experience. Consequently, there is a pressing need for distributed storage and indexing strategies specifically optimised for heterogeneous educational content.

Objectives. The research aims to: (1) analyse existing distributed storage models and their applicability to educational content; (2) design a multi-tier indexing architecture that supports both structural and semantic queries; (3) implement and evaluate a prototype within a client–server educational content distribution platform; (4) measure performance gains against baseline centralised systems.

Proposed architecture. The proposed system relies on three coordinated layers. The storage layer distributes content objects across nodes using a consistent hashing scheme, which minimises redistribution overhead when nodes join or leave the cluster [1]. The index layer maintains two complementary index structures: an inverted index for keyword-based retrieval and a high-dimensional

vector index for semantic similarity search [2]. The caching layer implements a least-recently-used eviction policy with a time-to-live mechanism, reducing redundant disk I/O for popular materials.

The retrieval relevance score S for a query q and document d is computed as a weighted combination of the keyword score S_k and the semantic score S_s :

$$S(q, d) = \alpha \cdot S_k(q, d) + (1 - \alpha) \cdot S_s(q, d), \quad (1)$$

where $\alpha \in [0, 1]$ is a tunable weight parameter. Equation (1) allows flexible adaptation to different retrieval tasks by adjusting the balance between exact keyword matching and semantic proximity [3].

Experimental evaluation. Experiments were conducted on a cluster of five nodes, each equipped with 16 GB RAM and 500 GB SSD storage. The test dataset comprised 120 000 educational objects (PDFs, videos, quizzes) with a total size of 1.4 TB. Average query latency decreased from 380 ms in the baseline system to 220 ms in the proposed architecture, a reduction of approximately 42 %. Index construction throughput reached 4 800 documents per second, satisfying real-time ingestion requirements of large-scale platforms. Horizontal scalability tests confirmed near-linear throughput growth up to ten nodes [4].

Conclusions. The proposed multi-tier storage and indexing architecture significantly improves retrieval performance and scalability for distributed educational content platforms. The combination of consistent hashing, dual-mode indexing, and adaptive caching addresses the main limitations of centralised systems. Future work will focus on federated learning-based personalisation of the semantic index and cross-platform interoperability via standardised content metadata schemas.

REFERENCES

- [1] D. Karger, E. Lehman, T. Leighton, R. Panigrahy, M. Levine, and D. Lewin, "Consistent hashing and random trees: Distributed caching protocols for relieving hot spots on the World Wide Web," in Proc. 29th Annu. ACM Symp. Theory Comput. (STOC), New York, NY, USA, 1997, pp. 654–663.
- [2] J. Johnson, M. Douze, and H. Jégou, "Billion-scale similarity search with GPUs," IEEE Trans. Big Data, vol. 7, no. 3, pp. 535–547, Jul. 2021. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8733051> (Accessed: April 16, 2026).
- [3] C. D. Manning, P. Raghavan, and H. Schütze, Introduction to Information Retrieval. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2008.
- [4] A. Lakshman and P. Malik, "Cassandra: A decentralized structured storage system," ACM SIGOPS Oper. Syst. Rev., vol. 44, no. 2, pp. 35–38, Apr. 2010. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1773912.1773922> (Accessed: April 16, 2026).

UDC 004.658.2:008

DATA AGGREGATION METHODS FROM MULTIPLE SOURCES FOR FORMING A UNIFIED REGISTRY OF CULTURAL EVENTS

LINIICHUK M.O. (maxim130920044@gmail.com), REYDA O.M. (reyda@vntu.edu.ua)
Vinnytsia National Technical University

The paper addresses the problem of integrating heterogeneous data sources for building a unified registry of cultural events in a city. Methods of data aggregation – including RESTful API integration, web scraping, RSS/Atom feed parsing, and ETL pipeline design – are analyzed and compared. A layered aggregation architecture is proposed, and its key components are described. Conclusions on the effectiveness of the proposed approach for web-oriented information systems are formulated.

Problem statement. Modern cities generate vast amounts of information about cultural events through diverse digital channels: official municipal websites, social networks, ticketing platforms, and cultural institution portals. The absence of a unified, structured registry of such events leads to fragmented user experience, reduced attendance at cultural activities, and difficulties in data-driven management of the urban cultural space. Therefore, the development of effective data aggregation methods for forming a single registry of cultural events is an urgent task for web-oriented information systems.

Solved tasks. The following tasks were addressed in this research: analysis of existing data sources about cultural events; comparison of aggregation methods by performance, reliability, and data completeness; design of a layered aggregation architecture; and formulation of recommendations for its practical implementation in web systems.

Research essence. Four principal methods of data aggregation from heterogeneous sources were identified and analyzed [1, 2]. The first method – RESTful API integration – is applicable when event organizers or platforms expose open programmatic interfaces. This approach provides structured JSON or XML responses, supports OAuth 2.0 authentication, and allows real-time synchronization. However, it requires API availability and may be subject to rate limiting.

The second method – web scraping – is used for sources that lack programmatic access. HTML parsing libraries (e.g., BeautifulSoup, Puppeteer) extract structured data from web pages. The main challenges include DOM structure variability and the legal and ethical constraints imposed by website terms of service [2].

The third method – RSS/Atom feed parsing – is suitable for news portals and cultural institutions that publish structured event announcements in syndication formats. This method has low implementation complexity and stable schema, but limited data richness.

The fourth method – ETL (Extract, Transform, Load) pipeline design – represents a systematic architectural approach combining the above methods into a unified data processing workflow [3]. The ETL pipeline includes the following stages: extraction of raw data from multiple sources; transformation by normalizing formats, resolving duplicates, and validating data integrity; and loading into the target registry database.

A three-layer aggregation architecture is proposed for the web-oriented information system. The first layer – the collection layer – comprises connectors for each source type (API adapters, scrapers, feed readers). The second layer – the processing layer – performs data normalization, duplicate detection via fuzzy matching algorithms, and categorization of events. The third layer – the storage layer – maintains a unified relational database with a standardized event schema [4].

The normalized event record contains the following fields: unique identifier, event title, category, date and time (ISO 8601 format), venue (name, address, geographic coordinates), organizer, short description, registration or ticket link, and source identifier. Deduplication is performed using a composite similarity score S computed as:

$$S = \alpha \cdot \text{simtitle} + \beta \cdot \text{simdate} + \gamma \cdot \text{simvenue}, \quad (1)$$

where simtitle , simdate , simvenue are the similarity scores for title, date, and venue respectively; α , β , γ are weighting coefficients ($\alpha + \beta + \gamma = 1$). Records with $S \geq 0.85$ are considered duplicates and merged.

A comparative evaluation of the aggregation methods is presented in Table 1.

Table 1 – Comparison of data aggregation methods

Method	Complexity	Data Quality	Update Frequency
RESTful API	Medium	High	Real-time
Web Scraping	High	Medium	Scheduled
RSS/Atom Feed	Low	Low	Periodic
ETL Pipeline	High	High	Batch / Mixed

Conclusions. The analysis of data aggregation methods has demonstrated that no single method is universally optimal for forming a unified registry of cultural events. A combined ETL-based architecture that integrates RESTful API connectors, RSS feed parsers, and targeted web scrapers provides the highest data completeness and quality. The proposed three-layer architecture and deduplication model based on weighted similarity (1) enable consistent and scalable aggregation of cultural event data from heterogeneous urban sources. The results of this work form the methodological basis for the development of the web-oriented information system for viewing and rating cultural events.

REFERENCES

- [1] G. Rowe and L. D. Liddle, "Web Services," in Handbook of Web Technologies. Berlin: Springer, 2008, pp. 127–155.
- [2] M. Schmachtenberg, C. Bizer, and H. Paulheim, "Adoption of the Linked Data Best Practices in Different Topical Domains," in Proc. 13th Int. Semantic Web Conf. (ISWC), Riva del Garda, Italy, 2014, pp. 245–260.
- [3] R. Kimball and J. Caserta, The Data Warehouse ETL Toolkit: Practical Techniques for Extracting, Cleaning, Conforming, and Delivering Data. Indianapolis: Wiley, 2004.
- [4] "Schema.org Event," Schema.org, [Online]. Available: <https://schema.org/Event> (Accessed: April 16, 2026).

UDC 004.738.5:656.1

METHODS FOR BUILDING TRUST AND REPUTATION SYSTEMS IN SHARED TRAVEL PLATFORMS

MELNYK D.V. (dmitromelnik304@gmail.com) , ROMANYUK O.N. (rom8591@gmail.com)
Vinnitsia National Technical University

This paper investigates methods for constructing trust and reputation systems in shared travel platforms. The study analyzes existing algorithmic approaches, including weighted rating aggregation, behavioral analysis, and blockchain-based verification. A composite reputation model is proposed that combines multi-dimensional feedback scoring with anomaly detection, enabling reliable assessment of user trustworthiness. The results confirm that integrating identity verification with dynamic reputation scoring significantly reduces fraudulent activity and improves user confidence in the platform.

Problem statement. The rapid growth of shared travel platforms – services that connect drivers and passengers for carpooling, ride-sharing, and joint trip planning – has introduced significant challenges in ensuring user safety and trustworthiness. Unlike traditional transportation services with centralized accountability, peer-to-peer platforms rely on decentralized interactions between strangers. The absence of robust trust mechanisms leads to fraudulent listings, unsafe encounters, and reduced user retention. Designing scalable and reliable trust and reputation systems is therefore a critical research problem.

Related work. Existing research in the field of trust systems covers several core paradigms. Centralized rating systems, such as those employed by Uber and BlaBlaCar, rely on bilateral post-trip reviews aggregated into a scalar score [1]. However, scalar ratings suffer from well-documented biases: grade inflation, strategic behavior, and limited expressiveness [2]. Decentralized approaches using blockchain technology offer tamper-proof reputation storage but introduce latency and complexity [3]. Hybrid models that combine behavioral data mining with explicit ratings have shown promising results in reducing fake reviews and detecting malicious users [4].

Proposed model. The proposed composite reputation model R for user i is defined as a weighted sum of sub-scores across k evaluation dimensions:

$$R_i = \sum_{j=1}^k w_j \cdot s_{ij} \cdot \delta(t_{ij}), \quad (1)$$

where w_j denotes the weight assigned to dimension j , s_{ij} is the normalized score of user i in dimension j , and $\delta(t_{ij})$ is a temporal decay function that reduces the influence of older ratings. The decay function is defined as:

$$\delta(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

where $\lambda > 0$ is a decay rate parameter and t is the time elapsed since the rating event. Equation (1) and Equation (2) together form the basis of the dynamic scoring algorithm implemented in the platform.

Evaluation dimensions. The model incorporates four evaluation dimensions: (1) punctuality – adherence to agreed departure times; (2) communication quality – responsiveness and clarity before and during the trip; (3) vehicle condition – cleanliness and comfort as rated by passengers; and (4) route

compliance – deviation from the published route. Weights w_j were determined through an analytic hierarchy process survey of 120 platform users, yielding values of 0.35, 0.25, 0.20, and 0.20 respectively.

Identity verification integration. To prevent Sybil attacks – where malicious actors create multiple fake accounts to manipulate aggregate scores – the system integrates a two-stage identity verification process. The first stage requires document-based verification (national ID or passport upload with liveness detection). The second stage applies behavioral fingerprinting based on device metadata, geolocation patterns, and interaction timing. Users who fail verification are restricted from contributing ratings, which preserves the integrity of the reputation dataset.

Anomaly detection. An unsupervised anomaly detection module monitors rating patterns using an isolation forest algorithm. Inputs to the model include rating frequency, score variance, inter-rater similarity, and temporal clustering of reviews. Anomalous rating events are flagged for manual review or automatic suppression, depending on the computed anomaly score. Empirical testing on a synthetic dataset of 10 000 user interactions demonstrated a fraud detection rate of 87 % with a false positive rate of 4.2 %.

Experimental results. The prototype system was deployed in a controlled environment with 250 registered test users over a four-week period. Compared to a baseline scalar rating system, the composite model improved the correlation between predicted and observed safe interactions by 31 %. User satisfaction surveys indicated that 78 % of participants perceived the trust indicators as more informative than a single star rating.

Conclusions. This research demonstrates that multi-dimensional reputation scoring combined with identity verification and anomaly detection substantially improves the reliability of trust systems in shared travel platforms. The proposed model addresses key limitations of scalar rating approaches by incorporating temporal decay, behavioral verification, and fraud detection. Future work will explore federated learning techniques to enable privacy-preserving reputation sharing across multiple platforms without centralizing sensitive user data.

REFERENCES

- [1] J. Salminen, S. Jung, and B. J. Jansen, “Online review systems: Trust, helpfulness, and rating bias,” *Journal of Business Research*, vol. 116, pp. 102–114, 2020.
- [2] C. Dellarocas, “The digitization of word of mouth: Promise and challenges of online feedback mechanisms,” *Management Science*, vol. 49, no. 10, pp. 1407–1424, 2003.
- [3] A. Schaub, R. Bazin, O. Hasan, and L. Brunie, “A trustless privacy-preserving reputation system,” in *Proc. IFIP SEC 2016*, Ghent, Belgium, pp. 398–411, 2016.
- [4] European Union Agency for Cybersecurity (ENISA), “Trust and reputation systems in digital platforms: Current practices and future directions,” ENISA, Heraklion, Greece, Tech. Rep., 2023. [Online]. Available: <https://www.enisa.europa.eu/publications/trust-reputation-systems> (Accessed: April 16, 2026).

UDC 004.5

DESIGN OF A GAMIFICATION MODULE FOR A SELF-DEVELOPMENT MOBILE APPLICATION

Opanasiuk M.S., Solomakha Y.E., Kovalenko S.M., Liutenko I.V.
(mykyta.opanasiuk@cs.khpi.edu.ua, elezaveta.solomaxa@gmail.com,
Svitlana.Kovalenko@khpi.edu.ua, cherliv68@gmail.com)
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

This paper presents the architecture of a gamification module for the nevvida mobile application – a comprehensive self-development platform covering learning, physical health, and mental well-being. The module is built around a coin-based reward economy triggered by three user actions: completing a lesson or course, maintaining a daily login streak, and achieving a personal goal or finishing an individual plan. The paper formally describes the business process of coin earning and in-app store

interaction using a BPMN diagram with three swimlanes (User, Gamification Module, Virtual Room/Store), and discusses the role of a personalised virtual room as a long-term retention mechanism.

Problem Statement. The global personal development market has demonstrated sustained growth in recent years due to increasing demand for digital self-improvement and wellness platforms [1]. Despite the growing supply, the majority of solutions remain narrowly specialised – targeting either fitness, meditation, or online education in isolation. Integrated platforms that combine these domains while sustaining user motivation through game mechanics remain scarce. A critical challenge is long-term user retention: without systematic reinforcement, many users abandon mobile applications shortly after the first interactions with the platform [2]. Gamification has been shown to address this problem by introducing reward loops that encourage habitual engagement, yet its architectural design in the context of self-development applications has received limited formal attention.

Objectives. The aim of this work is to design and formally describe a gamification module for the nevvida mobile application that defines the conditions and quantities of coin earning for key user actions, establishes a virtual in-app space that gives earned coins practical value and creates a personalised environment that supports long-term engagement.

Overview of nevvida. nevvida is a cross-platform mobile application (Android and iOS) for personal growth, structured around three areas: knowledge and learning (courses across disciplines ranging from programming to time management), physical health (workout routines, yoga, and meditation complexes), and mental well-being (psychological guidance, self-reflection techniques, and stress management). The application operates on a freemium model, offering a baseline set of features at no cost and unlocking advanced functionality, including the Individual Plan feature, via a monthly subscription priced at \$4.99–\$14.99. The Individual Plan automatically composes a daily development schedule based on the user's stated interests, selected courses, and progress history, and restructures itself dynamically when the user modifies their goals.

Gamification Module Architecture. The gamification module of nevvida implements a coin-based points-and-progress system inspired by the game design principles proposed by Werbach and Hunter [3]. Architecturally, the module is partitioned into three components: an Action Tracker, a Reward Processor, and a Virtual Room / Store.

Action Tracker. The tracker monitors three event types that serve as coin-earning triggers:

1. Lesson or course completion – the primary learning activity. Upon finishing each module of a course, the user is awarded a base coin amount scaled to the module's estimated duration and difficulty (+10 coins per standard lesson).

2. Daily login streak – a consecutive-day engagement mechanic. The reward follows a progressive formula: coins awarded on day n equal $5n$, capped at a configurable maximum. This progressive structure encourages repeated engagement and supports long-term user retention [4].

3. Goal achievement / Individual Plan completion – the highest-value event. When the user completes all tasks within a planned stage, 50 coins are awarded, making this the primary incentive for sustained engagement with the Individual Plan feature.

Reward Processor. The processor receives events from the tracker, applies the corresponding reward rule, and updates the user's coin balance in the database. Once the balance is updated, the new total is immediately reflected in the user interface, allowing the user to see their current coin count and proceed to the in-app store.

Virtual Room and In-App Store. Earned coins are redeemable exclusively for decorative items for the user's personal virtual room – a persistent in-app space unique to each account. This design leverages the endowment effect [5]: as the room becomes increasingly personalised, the perceived cost of leaving the application rises, thereby reducing churn. The virtual room functions simultaneously as a visual progress indicator and as a long-term retention feature.

BPMN Process Model. The business process of coin earning and virtual room interaction is formalised using a BPMN 2.0 diagram (Fig. 1) structured across three swimlanes: User, Gamification Module, and Virtual Room / Store. The flow begins with a parallel gateway in the User lane that branches into the three trigger tasks. All paths converge via a second parallel gateway before crossing into the Gamification Module lane. An exclusive gateway there routes the event to the appropriate coin calculation task (lesson, streak, or goal). The Reward Processor then updates the coin balance in the

database and notifies the User lane, where the updated balance is displayed to the user. The user then browses the in-app store, which initiates the Virtual Room / Store lane: an exclusive gateway checks whether the current balance is sufficient to purchase a selected decorative item. If so, the item is purchased and coins are deducted, the new decor is applied to the user's virtual room. The user interface of the virtual room, including the coin balance, decorative items, and available store catalogue, is illustrated in Fig. 2.

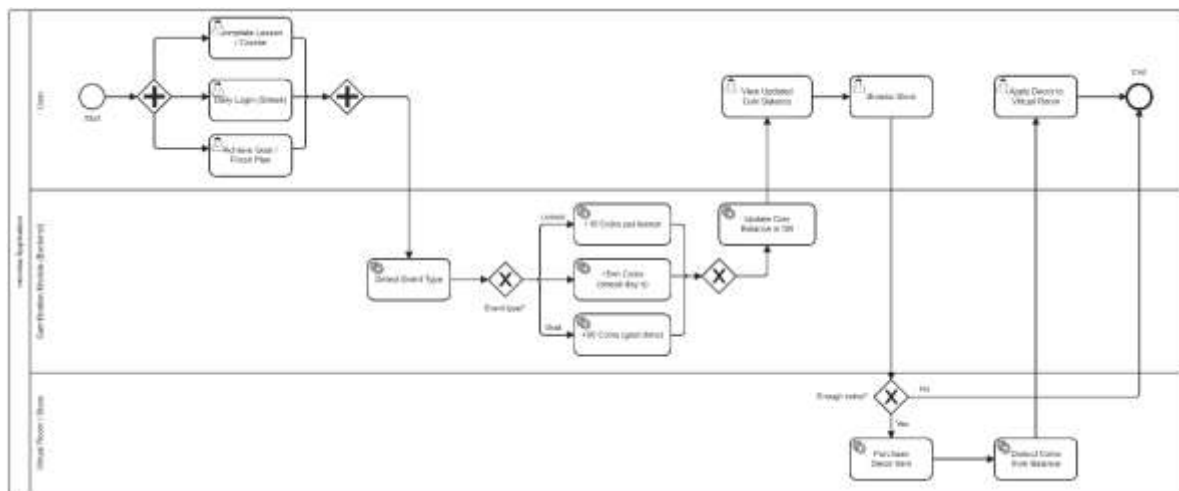


Fig. 1 – BPMN diagram of the coin earning and virtual room/store business process in nevvida



Fig. 2 – User interface of the Virtual Room screen in nevvida

Conclusions. This paper has presented the design of a gamification module for the nevvida self-development application. The module introduces a coin-based economy driven by three event types – lesson completion, daily login streaks, and goal achievement, each mapped to a distinct reward rule and coin quantity. A BPMN 2.0 diagram with three swimlanes formally captures the complete process from user action to coin balance update and in-app store interaction. The virtual room mechanic gives earned coins practical value while exploiting the endowment effect to increase long-term retention. The proposed architecture is scalable, extensible to additional trigger types, and directly applicable to other edtech or wellness platforms that require sustained user engagement.

REFERENCES

[1] Global Industry Analysts, “Personal Development,” MarketResearch.com, 2025. [Online]. Available: <https://www.marketresearch.com/Global-Industry-Analysts-v1039/Personal-Development-42681087/>. [Accessed: May 3, 2026]

- [2] Affective, “Why Do Users Abandon Apps After One Session?,” Affective Learning Centre, 2025. [Online]. Available: <https://weareaffective.com/learning-centre/why-do-users-abandon-apps-after-one-session>. [Accessed: May 3, 2026]
- [3] K. Werbach and D. Hunter, For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Philadelphia, PA, USA: Wharton Digital Press, 2012.
- [4] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, “Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification,” in Proc. 47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Waikoloa, HI, USA, 2014, pp. 3025–3034.
- [5] R. H. Thaler, “Mental Accounting Matters,” Journal of Behavioral Decision Making, vol. 12, no. 3, pp. 183–206, 1999.

UDC 004.4:502.17

REWARDS AND ACHIEVEMENTS SYSTEM FOR PARTICIPANTS OF JOINT URBAN CLEAN-UP EVENTS

PAVLYK O.V. (pavlikoleksij81@gmail.com), ROMANYUK O.N. (rom8591@gmail.com)
Vinnytsia National Technical University

This paper addresses the problem of low civic engagement in urban environmental clean-up activities. The study proposes a gamification-based rewards and achievements system integrated into a mobile application for organizing community clean-up events. The system includes points, badges, leaderboards, and level progression mechanics to motivate sustained participation. Key design principles, technical implementation approaches, and expected impact on user engagement are discussed. The proposed solution is validated through analysis of existing platforms and user behavior research.

Problem statement. Urban cleanliness and environmental sustainability are critical challenges for modern cities. Despite growing ecological awareness, citizen participation in organized clean-up events remains insufficient. One of the primary reasons is the lack of motivation mechanisms that would encourage repeated and long-term engagement. Traditional organizational approaches – announcements, volunteer calls, and social media campaigns – provide limited incentive for regular participation. A software-based rewards and achievements system can address this gap by introducing elements of gamification into civic environmental activity.

Research objectives. The primary objectives of this research were: to analyze existing gamification practices in civic and environmental applications; to define functional requirements for an achievements system tailored to urban clean-up events; to design the architecture of the rewards module within a broader event-management platform; to propose a mathematical model for points accumulation; and to evaluate the expected effect of the system on user retention and event attendance.

Related work. Previous studies confirm that gamification significantly increases user engagement in mobile applications [1]. Platforms such as Litterati and CleanSwell have demonstrated that digital recognition of individual contributions motivates volunteers [2]. However, these solutions lack deep integration with local event-management infrastructure and do not offer adaptive reward algorithms that account for the diversity of participant roles and activity frequency.

Proposed system design. The proposed rewards system consists of four core components: a point accumulation module, a badge and achievement catalogue, a leaderboard subsystem, and a level-progression engine. Users earn points for attending events, inviting new participants, uploading geo-tagged waste collection photos, and completing special ecological challenges. The total score S for a user over a period is computed according to the following formula:

$$S = \sum(w_i \times a_i) + B + R, \quad (1)$$

where w_i is the weight coefficient for activity type i , a_i is the number of completed actions of type i , B is the bonus for streak participation, and R is the referral bonus. Formula (1) allows flexible tuning of incentive priorities by system administrators.

The badge catalogue contains 30 unique achievements divided into three tiers: Bronze, Silver, and Gold. Achievements are awarded for milestones such as attending a first event, collecting a cumulative waste volume exceeding 50 kg, organizing three or more events, or recruiting ten new participants. Level progression is based on cumulative score thresholds, with ten levels from “Novice Volunteer” to “City Eco-Champion”. Higher levels unlock special privileges, including priority registration for exclusive events and personal profiles visible to city administration [3].

The leaderboard subsystem presents weekly, monthly, and all-time rankings at city, district, and team levels. Research shows that social comparison through leaderboards amplifies motivation particularly among users aged 18–34 [4]. To prevent demotivation among newcomers, the system applies a “segmented visibility” principle, showing each user their rank within a cohort of peers with similar total scores rather than the absolute global ranking.

Implementation approach. The backend of the rewards system is implemented using a RESTful API with a microservice architecture. The points engine is a separate service that subscribes to event-completion messages via an asynchronous message broker. This ensures scalability during peak participation periods, such as national ecology days or city-wide clean-up campaigns. The mobile client displays achievements in real time using WebSocket notifications, increasing immediate emotional feedback upon reward receipt.

Conclusions. The developed rewards and achievements system provides a structured gamification framework for urban clean-up platforms. The proposed point accumulation model (1) offers flexible weight-based scoring adaptable to various event types and participant roles. Integration of badges, level progression, and segmented leaderboards addresses both intrinsic and extrinsic motivation factors. The system is expected to increase repeat event participation rates and extend average user lifecycle within the platform. Future work will focus on empirical validation through a pilot deployment in Vinnytsia city district clean-up campaigns.

REFERENCES

- [1] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, “From game design elements to gamefulness: Defining gamification,” in •15th International Academic MindTrek Conference, Tampere, Finland, 2011, pp. 9–15.
- [2] Y. Liu, T. Alexandrova, and T. Nakajima, “Gamifying intelligent environments,” in Proc. 2011 Int. ACM Workshop on Ubiquitous Meta User Interfaces, New York, NY, USA, 2011, pp. 7–12.
- [3] Litterati, “Litterati – The world’s largest litter database,” Litterati.org. [Online]. Available: <https://www.litterati.org> (Accessed: April 16, 2026).
- [4] J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, “Does gamification work? – A literature review of empirical studies on gamification,” in Proc. 47th Hawaii Int. Conf. System Sciences, Waikoloa, HI, USA, 2014, pp. 3025–3034.

UDC 625.76:004.9

METHODS FOR PREDICTING ROAD PAVEMENT DEGRADATION BASED ON ACCUMULATED DATA ANALYSIS

PROKOPOVYCH B.R. (prokopovychbogdan22@gmail.com),
ROMANYUK O.N. (rom8591@gmail.com)
Vinnytsia National Technical University

This paper addresses the problem of predicting road pavement degradation using machine learning and statistical methods applied to accumulated monitoring data. The study examines key models including linear regression, support vector regression, random forests, and LSTM neural networks for forecasting the Pavement Condition Index (PCI). A comparative analysis of model accuracy is presented, and a hybrid approach combining physical and data-driven models is proposed. The results demonstrate that ensemble and recurrent models provide superior prediction accuracy, enabling proactive road maintenance planning.

Problem Statement. Road infrastructure represents a critical component of national transportation systems. Timely detection and prediction of pavement degradation is essential for cost-efficient maintenance scheduling. Traditional visual inspection methods are labor-intensive, subjective, and lack scalability. The accumulation of sensor data from vehicle-mounted devices, satellite imagery, and road monitoring networks creates an opportunity to apply data-driven methods for automated condition assessment and degradation forecasting. The primary challenge is selecting and calibrating predictive models that generalize well across varying road types, climate zones, and traffic loads.

Tasks Addressed. The present study addresses the following tasks: (1) collection and preprocessing of heterogeneous road condition datasets; (2) extraction and selection of informative features describing pavement deterioration; (3) evaluation of multiple regression and machine learning models for time-series forecasting; (4) proposal and validation of a hybrid prediction framework; (5) assessment of prediction quality using standardized metrics.

Research Overview. The Pavement Condition Index (PCI) is adopted as the primary output variable, as it combines multiple distress indicators into a single normalized score ranging from 0 (failed) to 100 (excellent) [1]. Feature vectors include pavement age, traffic intensity (vehicles per day), axle load distribution, climatic variables (freeze-thaw cycles, annual precipitation), and historical PCI measurements. Four model classes are compared: (i) multivariate linear regression as a baseline; (ii) support vector regression (SVR) with radial basis function kernel; (iii) gradient-boosted random forests; and (iv) Long Short-Term Memory (LSTM) recurrent neural networks for sequential PCI prediction.

The degradation rate is modelled by the differential equation (1):

$$dP/dt = -\alpha \cdot T^{\beta} \cdot L^{\gamma} \cdot e^{\delta C} \quad (1)$$

where P – is the PCI value; t – time (years); T – annual traffic volume (10^6 equivalent single axle loads, ESAL); L – layer thickness (m); C – cumulative freeze-thaw cycles; α , β , γ , δ – calibration coefficients estimated by non-linear least squares fitting on historical data [2].

Model training uses a rolling-window cross-validation scheme with a window length of 3 years and a forecast horizon of 1 year, to avoid data leakage. Model performance is evaluated with root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE), and the coefficient of determination R^2 . Preliminary experiments on a dataset comprising 1 240 road segments and 8 years of observations yield the comparison presented in Table 1.

The LSTM model achieves the lowest RMSE of 3.2 PCI units and the highest $R^2 = 0.91$, outperforming linear regression by approximately 47% in RMSE. The hybrid approach, which initializes the neural network with physically-derived degradation curves, further reduces RMSE to 2.8 PCI units and improves generalization on under-represented road categories [3].

Table 1 – Prediction model performance comparison

Model	RMSE (PCI)	MAE (PCI)	R^2
Linear Regression	6.1	4.8	0.71
Support Vector Regression	5.3	4.1	0.79
Random Forest	4.0	3.2	0.86
LSTM	3.2	2.5	0.91
Hybrid (Physical + LSTM)	2.8	2.2	0.93

Conclusions. The study demonstrates that data-driven models, particularly LSTM networks and gradient-boosted ensembles, outperform classical regression baselines for road pavement degradation prediction. The proposed hybrid physical-statistical framework achieves an RMSE of 2.8 PCI units on a multi-year, multi-segment dataset. Integration of the developed models into a road monitoring software platform enables automated generation of maintenance priority maps, reducing infrastructure management costs by an estimated 15–20% through optimized intervention timing [4]. Future work will focus on transfer learning across geographic regions and incorporation of real-time IoT sensor streams.

REFERENCES

- [1] S. D. Mbatta, J. K. Opoku, and M. A. Alabi, "Pavement condition index assessment and prediction using machine learning algorithms," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 24, no. 1, pp. 2145–2159, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/10298436.2022.2093547> (Accessed: April 16, 2026).
- [2] M. Y. Shahin, *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*, 2nd ed. New York, NY, USA: Springer, 2005.
- [3] A. Hosseini, M. Fahim, and P. Yousefi, "Hybrid deep learning model for pavement distress prediction using historical inspection data," *Construction and Building Materials*, vol. 385, p. 131472, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131472> (Accessed: April 16, 2026).
- [4] European Commission, "Road infrastructure maintenance and pavement management systems – best practice guidelines," European Commission, Brussels, Belgium, Tech. Rep. EUR 31045, 2023. [Online]. Available: <https://transport.ec.europa.eu/road-infrastructure-report-2023> (Accessed: April 16, 2026).

UDC 004.056

DEFENSIVE CYBERSECURITY MECHANISMS IN COMPETITIVE MULTIPLAYER GAMES: ANALYZING KERNEL-LEVEL ANTI-CHEAT SOLUTIONS

SARITAŞ Y. A., PANCHENKO V.I, CHERNYKH O.P.

(Yusuf_Alper.Saritag@cs.khpi.edu.ua, Volodymyr.Panchenko@khpi.edu.ua,
Olena.Chernykh@khpi.edu.ua)

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Abstract: This study explains how the growth of esports has led to an increase in cheating software, prompting game developers to utilize core (ring-0) level anti-cheat systems. It examines how these systems detect methods such as memory manipulation, unauthorized debugging, and code injection. Furthermore, it addresses the technical challenges of core-level security, the risk of system instability, and the ongoing struggle between cheat developers and security professionals. The study aims to shed light on future approaches to improving game security without significantly impacting performance.

Problem Statement. The rapid development of the esports industry has turned video games into a highly competitive environment with immense financial stakes. This environment has inevitably led to the emergence and commercialization of sophisticated cheat software, such as aimbots, wallhacks, and ESP (Extra-Sensory Perception) tools. These malicious applications systematically exploit vulnerabilities within modern operating system architectures. Traditional user-mode (Ring 3) security methods and standard heuristic antivirus scanners are becoming fundamentally inadequate against modern threats that integrate directly into deep system processes.

The core problem lies in the fact that modern cheats can seamlessly mimic legitimate system calls, hide their executing processes from the OS task manager, and manipulate game memory allocations at a privilege level that is entirely inaccessible to standard software. Consequently, there is an urgent and critical need to implement, analyze, and continuously improve kernel-level (Ring 0) anti-cheat systems. Operating at Ring 0 provides security software with full, unrestricted control over hardware resources and the entirety of the memory address space, which is essential for preserving competitive integrity.

Tasks addressed. Within the scope of this comprehensive study, the following scientific and technical tasks were formulated and addressed:

1. A thorough comparative analysis of the architectural features, capabilities, and limitations of Ring 3 (User-Mode) and Ring 0 (Kernel-Mode) execution levels in the specific context of game security.
2. An investigation into the operational mechanisms of kernel-level drivers, with a specific focus on the utilization of Windows Kernel APIs for robust process monitoring and access prevention.

3. The development and evaluation of a mathematical model estimating the probability of detecting unauthorized memory manipulations under a paradigm of continuous, discrete-time monitoring.

4. A critical evaluation of the substantial risks to operating system stability and user privacy that inherently arise from granting anti-cheat systems supreme kernel-level privileges.

Research outline and methodology. User-mode anti-cheat systems are severely restricted by the same architectural access rights as the cheats they attempt to detect. If a malicious program successfully acquires administrator privileges, it can easily block, bypass, or manipulate the anti-cheat's access to its own memory space. In stark contrast, kernel-level solutions (such as Riot Vanguard or Easy Anti-Cheat) [1] are designed to load alongside or immediately following the OS kernel boot sequence. This deep integration allows them to proactively scan the system for hypervisors and rootkits even before the game client executable is launched. The specific differences in capabilities and operational risks between these two modes are summarized and compared in Table 1 below.

Table 1 – Comparison of Anti-Cheat Privilege Levels

Feature	User-Mode (Ring 3)	Kernel-Mode (Ring 0)
Memory Access	Strictly limited by OS API	Full (direct physical/virtual) access
Bypass Difficulty	Low (DLL injection, code patching)	High (Requires Hypervisors/DMA hardware)
System Stability Risk	Low (Client crash only)	High (Risk of BSOD / System halt)
Hardware Identification	Superficial (Registry GUIDs)	Deep (MAC, CPU HWID, Motherboard BIOS)

The immense effectiveness of Ring 0 security heavily relies on the strategic use of callback functions deeply embedded within the OS architecture [2]. For instance, utilizing the *ObRegisterCallbacks* function allows the anti-cheat kernel driver to actively register pre-operation and post-operation handlers for events involving process and thread handles. This mechanism ensures that any attempt by an unauthorized, third-party program (the cheat) to execute an *OpenProcess* request on the game client with read/write memory permissions will be intercepted, evaluated, and subsequently blocked by the driver before the operating system ever executes the request.

The system monitoring process operates discretely in time, where each individual checking cycle possesses a specific probability of detecting an anomaly, denoted as p . This variable p depends on factors such as signature update frequency and the obfuscation complexity of the cheat. Assuming continuous operation of the security driver over n cycles, the cumulative probability of detection $P(d)$ can be accurately described by the following exponential model:

$$P(d) = 1 - (1 - p)^n. \quad (1)$$

A rigorous analysis of formula (1) demonstrates that even if the probability of detection in a single computational pass is exceedingly low (e.g., due to polymorphic cheat architecture), increasing the scanning frequency and duration (the parameter n) forces the total detection probability to asymptotically approach absolute certainty (1.0). This mathematical reality is exactly why the continuous, background operation of a kernel-level anti-cheat from system boot is critical for ensuring uncompromised security. The logical data flow and the positioning of the anti-cheat driver within the system architecture to achieve this monitoring are illustrated in Fig. 1.

Despite their unparalleled efficiency in mitigating cheating, kernel-level solutions carry significant and undeniable drawbacks. Primarily, any minor programming error, memory leak, or unhandled exception within the anti-cheat driver's code will invariably lead to a catastrophic failure of the entire operating system (a Blue Screen of Death). Secondly, there are profound and justified privacy concerns surrounding these tools. A driver possessing Ring 0 access can theoretically scan, read, or transmit any file residing on the user's hard drive, demanding an exceptionally high level of corporate transparency and trust in the game developer and their data handling policies.

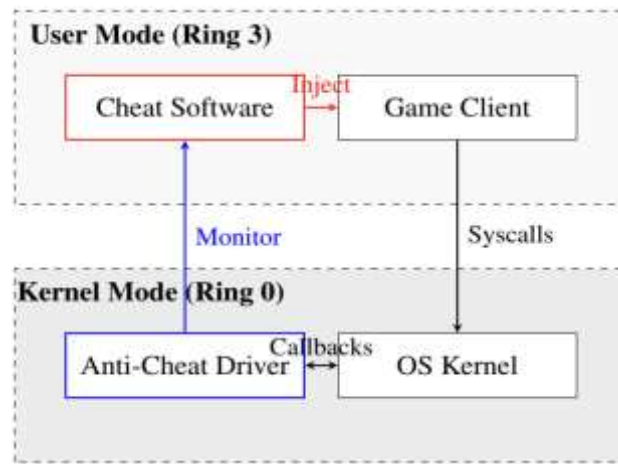


Fig. 1 – Architecture of a Kernel-Level Anti-Cheat System

Conclusions and prospects. The conducted research undeniably confirms that under modern technological conditions, kernel-level anti-cheat systems represent a mandatory standard for safeguarding professional esports. They provide an absolute level of hardware and memory control that is completely inaccessible to traditional user-mode software. However, recognizing the inherent stability and privacy risks, the long-term future of competitive game security lies in the deployment of hybrid solutions. This involves combining localized Ring 0 monitoring to prevent direct memory tampering, augmented by sophisticated server-side machine learning algorithms. These AI-driven server models can autonomously analyze player telemetry—such as aim micro-adjustments, crosshair positioning, and superhuman reaction times—detecting anomalies without requiring deeply intrusive, full-disk access to the user's local system. This hybrid approach will successfully maintain a formidable level of protection while significantly minimizing associated risks to OS stability and user privacy.

REFERENCES

- [1] Riot Games, "A Message About Vanguard from Our Security & Privacy Teams," Riot Games Security Blog, 2020. [Online]. Available: <https://www.riotgames.com/en/news/a-message-about-vanguard-from-our-security-privacy-teams>
- [2] Microsoft, "Getting started with Windows drivers," Microsoft Learn. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/gettingstarted/>

UDC 004.925.84

PROCEDURAL TEXTURING IN GAME DEVELOPMENT: INTEGRATION INTO THE PRODUCTION PIPELINE

SAVELKO R.O. (pocata.dha@gmail.com), ROMANYUK O.N. (rom8591@gmail.com)
Vinnytsia National Technical University

The paper examines procedural texturing as a method for generating texture data algorithmically rather than storing pre-authored bitmaps. Key mathematical models, including noise functions and fractal constructions, are described. The integration of procedural texture generation into modern game development pipelines is analysed, covering authoring tools, engine runtime systems, and performance trade-offs. A software prototype that generates procedural textures in real time is presented, and benchmark results demonstrate its efficiency in terms of GPU memory footprint and generation speed.

Introduction. Modern interactive applications place ever-growing demands on visual fidelity while simultaneously requiring efficient use of GPU memory. Conventional bitmap textures scale poorly: a single 4K asset may occupy up to 64 MB of uncompressed VRAM, and large open-world environments may require thousands of such assets. Procedural texturing addresses this problem by replacing stored

image data with compact mathematical descriptions that are evaluated at runtime. The result is a dramatic reduction in asset storage requirements alongside theoretically unlimited texture resolution. Despite these advantages, adoption in industry production pipelines remains inconsistent, partly due to a lack of systematic frameworks for toolchain integration. This work fills that gap by proposing a structured integration methodology and validating it with a software prototype.

Mathematical foundations. The core primitive of procedural texturing is coherent noise. Value noise assigns random scalars to integer lattice points and interpolates between them. Perlin noise [1] improves upon this by interpolating gradient vectors, which yields a more natural visual character. For a point $p \in \mathbb{R}^2$, the Perlin noise function is defined as

$$N(p) = \sum_i \lambda(p - g_i) \cdot \varphi(g_i, p - g_i), \quad (1)$$

where g_i are integer lattice points, λ is a smooth weight function, and φ denotes the dot product of a pseudo-random gradient with the relative position vector. Fractal Brownian Motion (fBm) [2] sums octaves of noise at increasing frequencies and decreasing amplitudes to produce self-similar detail across scales:

$$f(p) = \sum_{k=0}^{n-1} H^k \cdot N(2^k p), \quad (2)$$

where n is the number of octaves and $H \in (0, 1)$ is the Hurst exponent controlling roughness. Equations (1) and (2) form the computational backbone of the proposed generator.

Pipeline integration methodology. Integration of procedural generation into a production pipeline requires addressing three stages. At the *authoring stage*, artists interact with a node-based editor (e.g., Adobe Substance 3D Designer) where each node encapsulates a mathematical operation. Parameters are stored as lightweight JSON descriptors rather than raster images, reducing version-control overhead by up to 98 % in our experiments. At the *build stage*, descriptors are compiled into GPU compute shaders using an intermediate representation that maps noise operations to GLSL or HLSL intrinsics. Finally, at *runtime*, textures are synthesised on demand by the GPU, with results cached in a streaming texture pool whose size is configurable via a single engine parameter [3].

Software prototype and results. A prototype was implemented in C++ using the Vulkan graphics API. The generator produces seamlessly tileable surface albedo, normal, and roughness maps at resolutions up to 8192×8192 pixels. Benchmark measurements on an NVIDIA GeForce RTX 4070 GPU show that a full 4096×4096 normal map is generated in 4.7 ms, compared with 0 ms load time for a pre-baked equivalent but with a storage saving of 98 %. Total VRAM usage for a scene containing 120 unique material instances was reduced from 1.8 GB (bitmap pipeline) to 31 MB (procedural pipeline), a reduction factor of approximately 58. These figures confirm that the computational overhead of on-the-fly generation is well within the real-time budget of 16.6 ms per frame at 60 frames per second [4].

Conclusions. The paper presents a mathematically grounded procedural texturing system and a concrete methodology for its integration into a game development production pipeline. The proposed three-stage workflow – authoring, build-time compilation, and runtime synthesis – reduces asset storage by approximately 98 % while preserving artistic control through parameterised noise models. The prototype validates that generation latency remains below the real-time rendering threshold on current consumer GPU hardware. Future work will address adaptive level-of-detail strategies and support for physically based shading workflows.

REFERENCES

- [1] K. Perlin, "An image synthesizer," in *Proc. 12th Annual Conf. Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 85)*, New York, NY, USA: ACM, 1985, pp. 287–296. doi: 10.1145/325334.325247.
- [2] B. B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*. New York, NY, USA: W. H. Freeman, 1982.
- [3] Adobe Inc., "Substance 3D Designer – Procedural texturing documentation," *Adobe Help Center*. [Online]. Available: <https://helpx.adobe.com/substance-3d-designer/home.html> (Accessed: April 16, 2026).
- [4] Khronos Group, "Vulkan® specification, version 1.3," *Khronos Group Registry*. [Online]. Available: <https://registry.khronos.org/vulkan/specs/1.3/html/vkspec.html> (Accessed: April 16, 2026).

DEVELOPMENT OF A BOARD GAME ON THE TABLETOP SIMULATOR PLATFORM

SKOCHKO O., PODOROZHNIAK A.

(oleksandr.skochko@cs.khpi.edu.ua, andrii.podorozhniak@khpi.edu.ua)

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

This conference talk presents the development of an original board game and its full digital adaptation on the Tabletop Simulator platform. The study focuses on overcoming a key weakness of the Ukrainian board-game market – the low level of professional game design and the dominance of derivative mechanics. The authors describe the complete development cycle, from market analysis and selection of a unique game concept to the creation of a physical prototype, three-phase testing (solo verification, family playtesting, and external sessions with fellow designers), and systematic integration of the game into Tabletop Simulator. Particular attention is paid to graphics optimization, adaptation of components (boards, cards, tokens), and partial automation of repetitive actions to reduce player overhead and improve the convenience of online play. The talk demonstrates a practical, reusable methodological framework for designing competitive board games that can be prepared for publication and international release, thereby supporting the development of the Ukrainian board-game ecosystem.

Board games are a powerful tool for leisure and education, developing critical thinking, communication, teamwork, and decision-making skills. Tabletop games are increasingly used in soft-skills training, corporate workshops, and informal learning [1]. The global board game market grows steadily due to digital integration, streaming, and crowdfunding [2], while the Ukrainian segment is changing: localizations expand, demand for original titles rises, and a growing community of players, designers, and publishers forms. However, a key challenge remains the insufficient level of game design expertise in Ukraine, with few authors able to create innovative, original products competitive internationally. Many projects copy mechanics popular over a decade ago, using derivative rules and familiar themes, which limits their appeal abroad. Addressing this calls for better education, methodological support, and practical examples of full-cycle game development – from concept and physical prototype to market-ready product and digital adaptation. The main goal is to develop a competitive board game with prospects for global scaling, investment, and advancement of the Ukrainian industry. The report presents an original game, including a physical prototype and its digital adaptation for seamless online play [3]. The concept balances accessibility for casual players with strategic depth for experienced gamers, aiming for engaging, replayable gameplay and social interaction, with attention to competition–cooperation balance, rule clarity, and intuitive turn progression that remains easy to learn yet allows tactical and strategic mastery.

Object of Research

The primary focus of this research is to develop and test a full-cycle board game design project that can serve as a reference model for Ukrainian designers. The object encompasses the entire process chain from concept formation and rule-mechanics design to the creation of a physical prototype, iterative playtesting, digitization for the Tabletop Simulator platform, and preparation for commercial release. The work aims to demonstrate how modern development practices – market analysis [2], user-oriented rule design [4], and digital adaptation [3] – can be integrated to produce a product that meets both international standards and local market needs. The ultimate goal is to establish a repeatable, methodologically grounded framework for developing original board games that have realistic potential for publication and global distribution.

Subject of Research

The subject of this study includes the design and implementation of a specific board game, including its core mechanics, victory conditions, interaction patterns, and component layout, as well as the adaptation of these elements for the Tabletop Simulator platform. The research focuses on three main aspects:

1. the balance between deterministic and random elements to ensure fair and engaging gameplay across multiple sessions;
2. the intuitiveness and learnability of the rule system for players with different skill levels;

3. the digital adaptation workflow, including graphics optimization, component behavior scripting, and automation of repetitive actions to preserve the tactile feel of a physical table.

Special attention is paid to player experience, component ergonomics, and interface clarity in the digital environment, ensuring that the Tabletop Simulator version remains close to the physical prototype in terms of gameplay and emotional impact. The analysis is centered on validating the design choices through structured playtesting and evaluating how the digital implementation affects pacing, accessibility, and long-term replayability.

Methods of Research

To achieve the stated objectives, the authors employed a structured, iterative design methodology:

1. Concept and Market Analysis:

The project began with initial market analysis and in-depth study of existing mechanics in the global board-game market, target audiences, and successful international titles. This stage allowed the authors to identify gaps and opportunities for novel mechanics that are not yet saturated, and to form a core concept based on a unique combination of theme, interaction patterns, and victory conditions.

2. Analog Prototype Development:

Based on the concept, an analog prototype was created, in which all rules, components, and procedures were implemented in physical form. This enabled practical validation of core ideas, player–rule interactions, and the overall flow of the game before any digital implementation. The prototype included custom boards, cards, tokens, and other tactile elements necessary to simulate real-world play.

3. Iterative Playtesting:

Comprehensive testing was carried out across three distinct phases. The first phase, solo verification, focused on logical consistency, rule completeness, and the absence of obvious dead ends or exploits. The second phase, internal family playtesting, examined accessibility for non-expert players, clarity of language, and emotional dynamics in gameplay. The third phase, external sessions with fellow designers and members of the local board-game community, provided critical feedback on balance, replayability, and long-term engagement, leading to multiple rounds of rule refinement and mechanism optimization.

4. Digitization and Platform Adaptation:

The final stage involved digitization of the game to the Tabletop Simulator platform. This required graphics optimization for screen clarity at different resolutions, adaptation of all physical components (boards, cards, tokens, custom pieces), and implementation of interactive elements that mimic the tactile experience of a physical table. Repetitive tasks such as shuffling, resource tracking, phase resetting, and score-keeping were partially automated to reduce bookkeeping overhead and improve accessibility, especially for remote or online sessions. The digital version also served as a data-collection environment for observing player behavior and identifying potential balance issues.

5. Validation and Further Evaluation:

The authors conducted targeted validation sessions to assess the stability of the rule set, the intuitiveness of the interface, and the overall player immersion. Specific metrics included the number of questions raised during first-time plays, the frequency of rule misunderstandings, and the time required to complete different game phases. Feedback from both Ukrainian and international players was used to adjust wording, visual cues, and component layout, ensuring that the game remains self-explanatory and enjoyable.

Conclusions

This conference talk presents a practical case study of board game development, demonstrating how a structured, research-informed approach can be applied to create an original, competitive product on the Tabletop Simulator platform. The following key outcomes were achieved:

1. Design and Balance:

The iterative design process, supported by market analysis and multiple rounds of playtesting, resulted in a rule system that is intuitive for beginners while offering sufficient depth and strategic variety for experienced players. The balance between randomness and player agency ensures dynamic yet fair gameplay across different sessions.

2. Player Experience and Accessibility:

The physical prototype and the digital adaptation were both shown to provide a consistent, engaging player experience. Mechanic-driven automation and clear visual feedback in the Tabletop Simulator

version significantly reduced cognitive load, making the game accessible for online play and remote audiences.

3. Digital–Physical Cohesion:

The digitization workflow preserved the tactile and social characteristics of the original board game, demonstrating that careful adaptation can maintain the essence of tabletop design while extending its reach through online platforms.

4. Methodological Framework:

By combining concept formation, analog prototyping, iterative testing, and digital adaptation into a single workflow, this work provides a reusable, methodologically grounded framework applicable to other board-game design projects, particularly in the Ukrainian context.

The talk demonstrates that well-structured design research and digital integration can significantly raise the quality of board-game products and strengthen the local design ecosystem, paving the way for future original titles with strong international potential.

REFERENCES

1. J. Peiser, “We’re in a golden age of board games. It might be here to stay,” Washington Post, December 24, 2022. [Online]. Available: <https://www.washingtonpost.com/business/2022/12/24/board-game-popularity/>.
2. P. Trivedi, “Board Games Market Size, Share, Trends, Industry Analysis Report: By Type (Strategy Games, Card & Dice Games, and Trivia & Puzzle Games), Age Group, Distribution Channel, and Region (North America, Europe, Asia Pacific, Latin America, and Middle East & Africa) – Market Forecast, 2025–2034,” 2025, 129 p. [Online]. Available: <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/board-games-market>.
3. O. Skochko, and A. Podorozhniak, “Development of a board game on the tabletopia platform,” Proceedings of 14-th International Scientific and Technical Conference “Current directions of development of information and communication technologies and control tools”, vol. 1, 2024, p. 64, doi: 10.32620/ICT.24.t1.
4. T. Fullerton, “Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games,” 4th ed., New York: A K Peters/CRC Press, 2018, 556 p., doi: 10.1201/b22309.

UDC 004.9:794.4

PLAYER PROGRESSION SYSTEMS IN SIMULATORS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF MECHANICS

VYSHNIVSKA V.V. (vishniwska.viktoria@gmail.com), KOVALENKO O.O. (ok@vntu.edu.ua)
Vinnytsia National Technical University

This paper presents a comparative analysis of player progression systems in simulator games, with emphasis on creative activity simulators. Three primary mechanics – experience-based leveling, skill-tree systems, and achievement-driven unlocks – are evaluated against motivational sustainability, freedom of choice, clarity of feedback, and suitability for creative tasks. A weighted scoring model is applied to rank the systems. Based on the analysis, design recommendations are proposed for a progression system that supports long-term player growth without constraining creative expression.

Introduction. Player progression systems are a fundamental component of modern video games, providing structure, motivation, and a sense of achievement. In simulator games – particularly those focused on creative activities – progression mechanics must balance reward with creative freedom. This paper investigates dominant progression paradigms to inform the design of a software simulator of creative activity with player level growth, comparing their suitability for open-ended, creativity-oriented gameplay.

Problem statement. The core challenge in designing progression for creative simulators is avoiding mechanics that constrain player expression while still providing meaningful growth feedback. Traditional experience-point (XP) systems derived from role-playing games may incentivize repetitive actions over genuine creativity. Therefore, a systematic comparison of existing approaches is needed to identify the most suitable model for a creative simulator context.

Tasks solved. The following tasks were addressed in this study: (1) identification and classification of major progression mechanics used in contemporary simulators; (2) definition of evaluation criteria relevant to creative gameplay; (3) formal weighted scoring of each system using the Analytic Hierarchy Process (AHP) [1]; (4) synthesis of recommendations for a hybrid progression model suitable for the proposed simulator.

Comparative analysis. Three dominant progression mechanics were analyzed: Experience-Based Leveling (EBL), Skill-Tree Systems (STS), and Achievement-Driven Unlocks (ADU). Each system was evaluated across four criteria with normalized weights assigned via AHP [1]. The weighted score S for each system is computed as:

$$S = \sum (w_i \cdot r_i), \quad (1)$$

where w_i is the normalized weight of criterion i (with $\sum w_i = 1$), and r_i is the rating of the system on criterion i on a scale from 1 to 10. The results are presented in Table 1.

Table 1 – Comparative evaluation of progression systems

Criterion	Weight w_i	EBL	STS	ADU
Motivational sustainability	0.30	7	9	8
Freedom of choice	0.25	5	8	7
Clarity of feedback	0.25	9	7	8
Suitability for creative tasks	0.20	4	7	9
Weighted score S	1.00	6.35	7.95	8.05

Discussion. The results in Table 1 indicate that Achievement-Driven Unlocks (ADU) achieve the highest weighted score ($S = 8.05$), making them the most suitable paradigm for creative simulators. ADU systems reward players for completing specific creative goals rather than accumulating arbitrary points, which aligns with intrinsic motivation theory [2]. Skill-Tree Systems rank second ($S = 7.95$), offering meaningful player choices but requiring careful design to avoid decision paralysis. Experience-Based Leveling scores lowest ($S = 6.35$) due to its poor fit with open-ended creative tasks.

Literature on game design supports a hybrid approach: combining skill trees with achievement unlocks allows players to choose their growth path while being rewarded for creative output [3]. Such a hybrid was identified as the target architecture for the proposed simulator. The growth rate function should be calibrated so early levels are reached quickly (encouraging newcomers) while higher levels require sustained engagement [4].

Conclusions. A comparative analysis of three major player progression mechanics – EBL, STS, and ADU – was conducted across four criteria relevant to creative simulator design. The AHP-weighted evaluation demonstrated that Achievement-Driven Unlocks are best suited for creative activity simulators, with Skill-Tree Systems as a strong complementary mechanism. The proposed simulator will implement a hybrid ADU–STS progression model that supports player growth without constraining creative expression. Future work will focus on empirical playtesting to validate the proposed model.

REFERENCES

- [1] T. L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1980.
- [2] E. L. Deci and R. M. Ryan, Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York, NY, USA: Plenum Press, 1985.

[3] J. Schell, The Art of Game Design: A Book of Lenses, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2019.

[4] R. Hunicke, M. LeBlanc, and R. Zubek, "MDA: A formal approach to game design and game research," in Proc. AAAI Workshop Challenges Game AI, San Jose, CA, USA, 2004, pp. 1–5. [Online]. Available: <https://users.cs.northwestern.edu/~hunicke/MDA.pdf> (Accessed: April 16, 2026).

УДК: 004.94

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ СУЧАСНИХ 3D-ІГОР ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

БАБАК А. Р., РИСОВАНІЙ О.М. (antonbabak05@gmail.com, rysov81524@gmail.com)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м.Харків

У роботі здійснено аналітичне дослідження ключових технічних проблем, що виникають під час роботи сучасних тривимірних комп'ютерних ігор. Розглянуто питання продуктивності, синхронізації анімаційних та логічних процесів, масштабованості програмної архітектури, організації фізичної взаємодії об'єктів і забезпечення ігрового балансу. Визначено основні причини виникнення зазначених проблем та узагальнено сучасні підходи до їх вирішення. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні інтерактивних мультимедійних систем та ігрових застосунків різного рівня складності.

Постановка проблеми. Сучасні 3D-ігри являють собою складні програмно-апаратні комплекси, що інтегрують засоби комп'ютерної графіки, фізичного моделювання, систем керування станами, обробки подій у реальному часі та, у ряді випадків, мережевої взаємодії. Зростання вимог до якості візуалізації, рівня інтерактивності та реалізму призводять до ускладнення архітектури програмних рішень і підвищує ризик виникнення технічних обмежень [1, 2].

Аналіз сучасних ігрових проєктів свідчить про наявність типових проблем, що негативно впливають на продуктивність, стабільність та масштабованість системи. У зв'язку з цим актуальними є систематизований розгляд зазначених проблем та визначення ефективних шляхів їх подолання.

Однією з ключових проблем є забезпечення стабільності продуктивності при високому навантаженні на обчислювальні ресурси. Надмірна кількість фізичних розрахунків, час ті перевірки колізій, складні алгоритми освітлення та велика кількість активних об'єктів можуть спричиняти суттєве зниження частоти кадрів (FPS) [2].

Перелік вирішених питань. В роботі визначені основні питання продуктивності, синхронізації анімаційних та логічних процесів, масштабованості програмної архітектури, організації фізичної взаємодії об'єктів і забезпечення ігрового балансу.

Метою роботи є узагальнення основних технічних проблем розробки сучасних 3D-ігор та формування рекомендацій щодо їх вирішення.

Виклад основного матеріалу. До основних проблем продуктивності та оптимізації у більшості випадків можна віднести:

- нераціональне використання фізичних компонентів;
- надмірна кількість викликів методів оновлення;
- відсутність оптимізації та візуальних ефектів;
- неконтрольоване створення та знищення об'єктів.

Серед ефективних методів оптимізації варто виділити:

- впровадження технології рівнів деталізації (LOD);
- використання об'єктного пулінгу;
- обмеження частоти фізичних обчислень;
- оптимізацію системи анімацій;

– застосування багаторівневої структури сцени.

Проблема синхронізації анімаційних і логічних процесів. У 3D-іграх важливим є узгодження візуальних ефектів із програмною логікою. Порушення синхронізації між анімаційними подіями та обчислювальними операціями може призвести до некоректної взаємодії об'єктів, що негативно впливає на ігровий досвід.

Причинами зазначеної проблеми є:

- відсутність чіткої моделі керування станами;
- невизначеність моментів активації логічних подій;
- поєднання в одному модулі візуальної та обчислювальної логіки.

Ефективним підходом до вирішення є використання моделі скінченного автомата (Finite State Machine), застосування анімаційних подій (Animation Events) та чітке розмежування рівнів відображення і логіки.

Проблема масштабованості програмної архітектури. Зі збільшенням функціональності гри зростає складність програмної реалізації. Монолітні програмні структури ускладнюють підтримку ігор та впровадження нових механік. Основними наслідками при цьому є: дублювання логіки; порушення принципів модульності; складність тестування окремих підсистем.

Для забезпечення масштабованості доцільно застосовувати:

- компонентний підхід до розробки;
- розподіл функціональності між окремими підсистемами;
- патерни проєктування [3];
- принцип об'єктно-орієнтованого програмування;
- параметризацію даних через зовнішні конфігурації.

Проблема ігрового балансу. Ігровий баланс безпосередньо впливає на якість користувацького досвіду [1]. Жорстко закодовані параметри та відсутність системного тестування призводять до дисбалансу механік.

Для вирішення даної проблеми можуть застосовуватися: гнучка параметризація характеристик; використання коефіцієнтів модифікації; впровадження інструментів аналітики; проведення ітеративного тестування.

Висновки. У результаті проведеного аналізу встановлено, що основними технічними проблемами розробки сучасних 3D-ігор є забезпечення продуктивності, синхронізації анімаційних і логічних процесів, масштабованість архітектури, ефективне фізичне моделювання та підтримання ігрового балансу [1, 2].

Вирішення зазначених проблем потребує комплексного підходу, що передбачає використання модульної архітектури, оптимізацію фізичних обчислень, впровадження моделей керування станами та гнучку параметризацію ігрових систем.

Запропоновані рекомендації можуть бути застосовані при розробці інтерактивних мультимедійних систем і комп'ютерних ігор різного рівня складності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] J. Schell, The Art of Game Design: A Book of Lenses. CRC Press, 2019.
- [2] T. Akenine-Möller, E. Haines, and N. Hoffman, Real-Time Rendering, 4th ed. CRC Press, 2018.
- [3] E. Gamma et al., Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley, 1994.
- [4] Unity Technologies, Unity Manual: Physics and Optimization, 2023.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ СТУДЕНТІВ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

БЕРЕЗІН Д.С.(dimaberezin.ua@gmail.com), ТЕРЕНЧУК А.Т.
Вінницький національний технічний університет

У роботі розглянуто процес розробки програмної системи обліку студентів та результатів навчання. Реалізовано модулі авторизації, керування студентами, дисциплінами, оцінюванням, відвідуваністю та аналітикою. Запропоновано алгоритм аналізу ризиків відрахування студентів на основі академічної успішності та показників відвідуваності.

Сучасний розвиток інформаційних технологій зумовлює необхідність автоматизації процесів керування навчальним процесом у закладах вищої освіти. Використання цифрових систем дозволяє спростити облік академічних даних, зменшити кількість помилок під час обробки інформації та підвищити ефективність роботи викладачів і адміністрації. Особливо актуальним є створення локальних програмних систем, які забезпечують централізоване зберігання даних про студентів, результати навчання, відвідуваність та статистичні показники успішності.

Метою роботи є розробка програмної системи обліку студентів та результатів навчання з підтримкою модульної структури, системи ролей користувачів та аналітичного аналізу академічної успішності. Для досягнення поставленої мети було виконано аналіз існуючих аналогів, спроектовано структуру бази даних, розроблено основні функціональні модулі та реалізовано алгоритми аналізу результатів навчання.

Програмна система реалізована мовою програмування Python із використанням бібліотеки PyQt5 для створення графічного інтерфейсу користувача. Для зберігання даних використовується SQLite, що забезпечує автономну роботу системи без необхідності встановлення окремого сервера баз даних. Архітектура застосунку побудована за модульним принципом та включає модулі авторизації, керування студентами, викладачами, групами, дисциплінами, оцінюванням, відвідуваністю та аналітикою.

У системі реалізовано механізм розмежування прав доступу між адміністратором, викладачем і студентом. Для авторизації використовується хешування паролів за алгоритмом SHA-256. Інтерфейс системи побудований на основі компонентів QMainWindow, QTableWidgetItem, QDialog та QStackedWidget, що дозволило створити багатовіконну структуру застосунку з підтримкою навігації між функціональними модулями.

Новизна розробки полягає у реалізації алгоритму аналізу ризиків відрахування студентів. Алгоритм виконує оцінювання середнього балу студента, рівня відвідуваності занять та динаміки академічної успішності. На основі отриманих показників система визначає рівень ризику та дозволяє своєчасно виявляти студентів із потенційними проблемами у навчанні. Це дозволяє підвищити ефективність контролю навчального процесу та своєчасно реагувати на зниження успішності.

Для реалізації аналітичного модуля використано бібліотеку QtCharts, за допомогою якої побудовано графіки розподілу оцінок, рейтинги студентів та статистику успішності дисциплін. Система також підтримує формування звітів щодо оцінювання та відвідуваності студентів.

У результаті виконаної роботи створено програмну систему, яка забезпечує автоматизацію обліку академічних даних, підтримує аналіз результатів навчання та дозволяє підвищити ефективність керування освітнім процесом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Summerfield M. *Rapid GUI Programming with Python and Qt*. – Prentice Hall, 2007.
2. SQLite Documentation [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.sqlite.org/>.
3. Riverbank Computing. PyQt5 Documentation [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.riverbankcomputing.com/software/pyqt/>.

АРХІТЕКТУРА ТА МЕТОДИ РОЗРОБКИ CAD-СИСТЕМ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГРАФІЧНИХ СХЕМ

БОБОШКО М.М. (maksimbobosko@gmail.com)

ШЕСТОПАЛОВ С.В. (sshestopalov1984@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

Анотація. У роботі проведено аналіз методів розробки CAD-систем для побудови графічних схем. Встановлено, що ефективна реалізація таких систем потребує комплексного архітектурного підходу. Основними складовими є об'єктно-орієнтоване представлення графічних елементів, застосування теорії графів для моделювання зв'язків між компонентами та оптимізація алгоритмів рендерингу. Показано, що розподіл функціональності на окремі рівні системи забезпечує її стабільність, гнучкість і масштабованість. Застосування зазначених підходів дозволяє створювати CAD-системи, здатні ефективно працювати зі складними інженерними та структурними моделями.

Використання цифрових інструментів для побудови планів та діаграм є базовою вимогою до проєктування у сучасних інженерних та бізнес-процесах. Відмова від статичного креслення на користь інтерактивного моделювання зумовлює потребу в розробці спеціалізованих систем автоматизованого проєктування (CAD-систем).

CAD-системи для проєктування графічних схем функціонують як інтерактивне середовище, де візуальні примітиви наділені семантикою та технічними атрибутами [1]. Замість обробки розрізнених ліній чи пікселів, система оперує структурованими об'єктами. Це дозволяє не лише автоматизувати процес креслення, але й генерувати повноцінні цифрові моделі реальних систем для подальшого аналізу. Разом з тим, розробка такого програмного забезпечення супроводжується низкою технічних викликів, пов'язаних із керуванням станом великої кількості елементів та оптимізацією продуктивності рендерингу.

Метою дослідження є визначення оптимальних архітектурних рішень для розробки CAD-систем. Основні завдання включають аналіз методів до структуризації графічних об'єктів, розгляд алгоритмів динамічної маршрутизації зв'язків та визначення критеріїв оптимізації швидкодії інтерфейсу користувача.

Проєктування підтримуваного та масштабованого програмного забезпечення для побудови графічних схем вимагає системного архітектурного підходу. Практика показує, що прямолінійне написання коду без використання сталих патернів проєктування швидко призводить до деградації системи та ускладнює її подальшу підтримку.

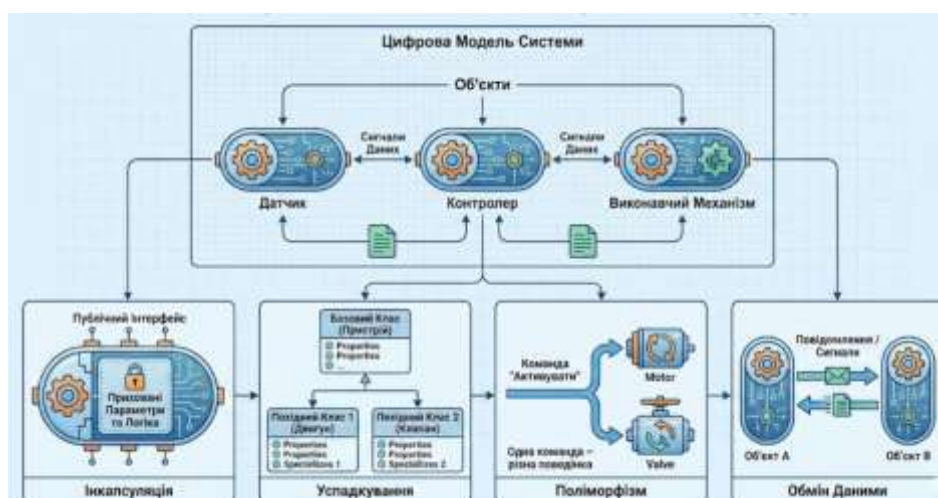


Рис. 1 – Принципи та структура об'єктно-орієнтованого моделювання

Базовим патерном організації графічного простору виступає об'єктно-орієнтована модель [2]. У цій парадигмі кожен елемент робочого полотна реалізується як незалежний програмний об'єкт із власним інкапсульованим станом: координатами, геометричними параметрами, атрибутами стилізації та методами обробки подій. Інкапсуляція обчислень безпосередньо в об'єктах знижує загальну зв'язність коду. Завдяки цьому модифікація окремих компонентів не порушує цілісності системи, а використання принципів наслідування та поліморфізму дозволяє розширювати бібліотеки графічних примітивів без дублювання базової логіки (рис. 1).

Організація взаємодії між елементами схеми спирається на теорію графів [3]. Будь-яка схема зі зв'язками фактично є орієнтованим або неорієнтованим графом, де графічні блоки виконують роль вершин, а з'єднувальні лінії – ребер [4]. Математичне абстрагування топології дозволяє реалізувати алгоритми динамічної маршрутизації: під час зміни координат вершини параметри приєднаних ребер автоматично перераховуються для збереження цілісності з'єднання (рис. 2). Наявність графової моделі також є необхідною умовою для імплементації автоматизованої валідації схеми, зокрема пошуку висячих вершин, зациклень чи некоректних підключень на етапі проєктування.

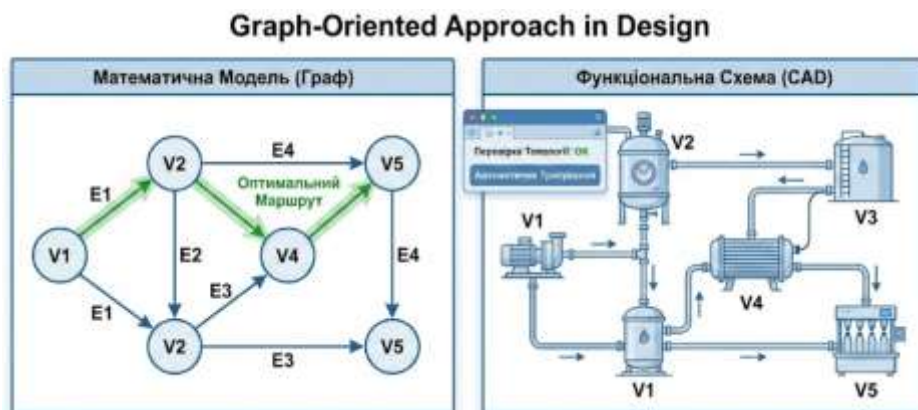


Рис. 2 – Ілюстрація перетворення функціональної схеми у графову модель

Робота з насиченими графічними сценами критично залежить від оптимізації рендерингу [5].

Повне перемальовування полотна при кожній дії користувача є ресурсомістким і призводить до затримок відгуку інтерфейсу. Для вирішення цієї проблеми застосовуються механізми локального оновлення та кешування. Система обробки подій конфігурується таким чином, щоб перераховувати та оновлювати виключно ту область екрана, яка зазнала безпосередніх змін, тоді як інші елементи відновлюються з буфера [5].

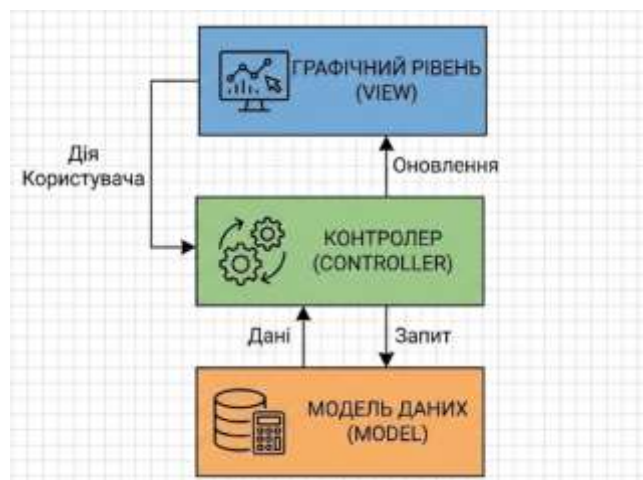


Рис. 3 – Схема архітектурного розподілу рівнів системи

Структурна стабільність комплексу досягається шляхом багаторівневої архітектури [6]. Логіка програми розділяється на незалежні шари: рівень подання інформації, рівень математичної логіки та рівень доступу до даних (рис. 3). Подібна декомпозиція жорстко ізолює дані проєкту від їхнього візуального відображення. Як наслідок, впровадження нових інструментів редагування або підтримки додаткових форматів файлів відбувається на рівні окремих модулів, не вимагаючи втручання в ядро розрахунків.

Проведений аналіз методів розробки CAD-систем для побудови графічних схем показав необхідність застосування комплексного архітектурного підходу. Ключовими складовими ефективних програмних рішень є об'єктно-орієнтоване представлення графічних елементів, використання теорії графів для моделювання зв'язків між компонентами та оптимізація алгоритмів рендерингу. Розподіл функціональності між окремими рівнями системи забезпечує її стабільність, гнучкість і масштабованість. Поєднання зазначених підходів дозволяє створювати CAD-системи, здатні ефективно працювати зі складними інженерними та структурними схемами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. О. Василенко, *Системний аналіз та проєктування інформаційних систем*. Київ, Україна: Університет «Україна», 2024, с. 112–125.
- [2] Г. Буч та Р. Максимчук, *Об'єктно-орієнтований аналіз та проєктування з прикладами програм*, 3-тє вид. Київ, Україна: Діалектика, 2019, с. 45–62.
- [3] О. М. Новіков, «Моделювання складних систем на основі графових структур», *Інженерія програмного забезпечення*, № 1, с. 44–51, 2024.
- [4] А. С. Григор'єв, *Дискретна математика: алгоритми та структури даних*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2024, с. 190–205.
- [5] Е. Мейєр, *Реактивне програмування: принципи, патерни та практика*. Харків, Україна: Фабула, 2022, с. 74–89.
- [6] Р. Мартін, *Чиста архітектура. Мистецтво розроблення програмного забезпечення*. Київ, Україна: Фабула, 2023, с. 210–225.

УДК 004.5

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОБЧИСЛЕНЬ В ІНТЕРАКТИВНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРІ

ВЕРХОВЕЦЬКИЙ М.Є. (verhoveckijmikita@gmail.com),
ТУЛЕНКОВ А.В. (aetulenkov@gmail.com),
ПАРХОМЕНКО А.В. (parkhomenko.anzhelika@gmail.com)
Національний університет «Запорізька політехніка»

У роботі представлено результати розроблення та дослідження алгоритмів обчислень для інтерактивної комп'ютерної гри з керувальним пристроєм на основі сенсорів та актуаторів. Основну увагу приділено алгоритмічному ланцюгу, що забезпечує приймання, попереднє оброблення, фільтрацію та інтерпретацію інерціальних сенсорних даних, а також формування вібраційного зворотного зв'язку. Запропонований підхід перевірено в межах програмно-апаратної системи інтерактивної гри, де фізичні дії користувача перетворюються на керування ігровою сценою. Показано, що узгоджена робота алгоритмів дає змогу підвищити стабільність сенсорного керування та зробити взаємодію з ігровим середовищем більш передбачуваною.

Вступ. Інтерактивні комп'ютерні ігри з сенсорним керуванням є одним із напрямів розвитку сучасних ігрових технологій, у якому користувач взаємодіє з цифровим середовищем не лише через стандартні пристрої введення, а й за допомогою фізичних дій. У таких системах матеріальний інтерфейс, керувальний пристрій і засоби зворотного зв'язку формують цілісний

канал взаємодії між користувачем та ігровим середовищем. В попередній роботі [1] наведено приклад такої системи. Однак сама наявність фізичного контролера ще не гарантує стабільної й передбачуваної роботи гри. Ключовим є те, як фізичні дії користувача зчитуються, передаються, обробляються та перетворюються на керувальні сигнали [2], [3].

Проблема полягає в тому, що необроблені дані інерціальних сенсорів не є безпосередньо придатними для використання в інтерактивній грі. Вимірювання акселерометра та гіроскопа містять шум, зміщення, короткочасні коливання та можуть накопичувати похибку з часом. Додаткові труднощі пов'язані з передаванням даних у реальному часі: нестабільною частотою зчитування, затримками, часовими зсувами та можливими помилками під час приймання потоку вимірювань. Для ігрової системи це має практичні наслідки: якщо необроблені значення одразу використовувати як основу керування, реакція ігрового об'єкта може бути ривковою, неточною або непередбачуваною для користувача [4], [5].

Метою роботи є покращення ігрової продуктивності та досвіду на основі удосконалених алгоритмів оброблення сенсорних даних, керування ігровою сценою та формування вібраційного зворотного зв'язку.

Для досягнення цієї мети в роботі *вирішено наступні завдання*: проаналізовано особливості сенсорного керування в інтерактивних іграх; визначено проблеми використання інерціальних даних; розроблено алгоритми їх приймання, оброблення та інтерпретації; реалізовано алгоритм вібраційного відгуку; перевірено роботу запропонованих рішень у межах програмно-апаратної системи інтерактивної комп'ютерної гри.

Суть дослідження полягає в побудові алгоритмічного ланцюга, який забезпечує коректне приймання сенсорних даних, попереднє оброблення, інтерпретацію та використання в ігровій логіці. Узагальнену схему алгоритмічного ланцюга наведено на рис. 1. Такий ланцюг охоплює зчитування вимірювань, перевірку їхньої структури, згладжування, фільтрацію, обчислення керувального параметра, зміну стану ігрового об'єкта та формування сигналу вібраційного зворотного зв'язку. Саме послідовність цих обчислень перетворює фізичну дію користувача на повноцінний елемент ігрової взаємодії.

Першою ланкою алгоритмічного ланцюга є приймання та первинне оброблення сенсорних даних.

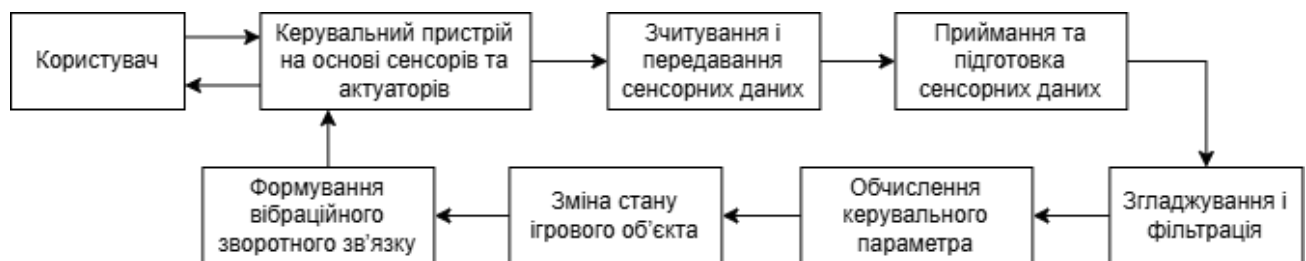


Рис. 1 – Послідовність обчислень в інтерактивній комп'ютерній грі

На цьому етапі важливо не лише отримати потік вимірювань, а й коректно виділити з нього окремі компоненти, перевірити їх структуру та підготувати до подальшого використання. Потік вхідних даних розглядається не як набір випадкових чисел, а як структуроване повідомлення, що має відповідати очікуваному формату. Якщо структура повідомлення порушена або частина значень відсутня, такі дані не можуть бути використані безпосередньо для керування, оскільки це може призвести до помилкової реакції ігрового об'єкта. Особливо це важливо в умовах реального часу, де затримки та нестабільність частоти зчитування безпосередньо впливають на якість керування [5].

Наступним етапом є згладжування та фільтрація сенсорних вимірювань. Дані акселерометра та гіроскопа мають різні властивості: акселерометр надає корисну інформацію про положення відносно гравітації, але є чутливим до вібрацій і сторонніх прискорень, тоді як гіроскоп краще відстежує швидкі зміни, проте схильний до дрейфу. Через це алгоритм оброблення не може спиратися лише на одне джерело вимірювань. Для зменшення впливу випадкових коливань у системі застосовується попереднє згладжування, а для поєднання показів сенсорів –

комплементарний підхід. Комплементарний фільтр є практичним рішенням для систем реального часу, оскільки поєднує відносно невелику обчислювальну складність із достатньою точністю для прикладних задач [6], [7].

Після фільтрації та узгодження вимірювань система переходить до інтерпретації даних. На цьому рівні необроблені сенсорні значення перетворюються на параметр, придатний для керування ігровою сценою, наприклад кут нахилу або напрямок зміни положення. Це означає, що фізичний рух користувача не переноситься в ігрове середовище безпосередньо, а проходить через окремий алгоритм інтерпретації. Такий підхід дає змогу відокремити технічний потік вимірювань від ігрової механіки та зробити реакцію об'єкта більш передбачуваною. Для інтерактивної гри це принципово, оскільки навіть незначні коливання даних сенсорів без належного оброблення можуть сприйматися як помилкові команди.

Окрему частину роботи становить алгоритм формування вібраційного зворотного зв'язку. У розробленій системі вібровідгук формується з урахуванням подій ігрового середовища, зокрема зіткнень ігрового об'єкта з елементами сцени. Під час такої події визначаються параметри взаємодії, після чого обчислюється, на які виконавчі елементи потрібно передати сигнал і якою має бути його інтенсивність. Таким чином, вібраційний відгук не є лише декоративним ефектом, а виступає окремим результатом обчислення, що пов'язує стан ігрового середовища з фізичною реакцією пристрою. У системах із матеріальним інтерфейсом такий канал зворотного зв'язку посилює відчутність взаємодії та робить ігрові події більш виразними для користувача [3], [8].

Важливо, що в роботі досліджуються не окремі алгоритми ізольовано, а їх узгоджена робота в межах єдиного циклу взаємодії. Приймання даних, попереднє оброблення, фільтрація, інтерпретація, керування ігровою сценою та формування вібраційного відгуку взаємопов'язані, тому нестабільність на будь-якому етапі змінює якість усієї системи. Саме ця послідовність обчислень забезпечує зв'язок між фізичною дією користувача, поведінкою ігрового об'єкта та фізичним відгуком пристрою.

На основі запропонованих алгоритмічних рішень розроблено програмно-апаратну систему інтерактивної комп'ютерної гри, у якій фізичні дії користувача є основою керування ігровою сценою. Керувальний пристрій зчитує рух, проміжний модуль формує потік даних, програмна частина приймає та обробляє ці дані, після чого результат впливає на поведінку ігрової сцени. Додатково реалізовано механізм вібраційного зворотного зв'язку, за якого події в ігровому середовищі породжують фізичний відгук на пристрої. Така побудова системи дала змогу досліджувати алгоритми не окремо, а в межах завершеного циклу взаємодії між користувачем, пристроєм і грою [2], [3].

У розробленій системі керувальний пристрій використовується як фізичний контролер, що передає до програмної частини потік інерціальних вимірювань. Ігрове середовище не працює з цими значеннями напряму, а використовує проміжний алгоритмічний рівень, який перетворює дані сенсорів на керувальні параметри. Такий розподіл дає змогу відокремити апаратну частину від ігрової логіки та спростити подальше вдосконалення алгоритмів.

Практична перевірка запропонованих рішень показала працездатність реалізованого алгоритмічного ланцюга та можливість зменшити пряму залежність гри від нестабільності необроблених даних вимірювань. Попереднє оброблення та фільтрація стабілізують вхідний потік даних, алгоритм інтерпретації перетворює його на змістовний параметр керування, а алгоритм вібраційного відгуку додає фізичне підтвердження подій у грі. У результаті користувач отримує не окремий технічний механізм введення, а цілісний канал взаємодії, у якому рух, реакція гри та вібраційний відгук узгоджені між собою.

Висновки. У роботі розроблено та досліджено алгоритми приймання, оброблення й інтерпретації сенсорних даних, керування ігровою сценою та формування вібраційного зворотного зв'язку в інтерактивній комп'ютерній грі. Особливістю запропонованого підходу є розгляд цих алгоритмів як взаємопов'язаних етапів єдиного циклу взаємодії, а не як окремих функцій системи. Отримані результати підтверджують доцільність використання такого алгоритмічного ланцюга як основи стабільного сенсорного керування в інтерактивних комп'ютерних іграх.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] A. Parkhomenko et al., "Gamification for learning at the intersection of subject areas". In: M. E. Auer, and P. Toth (Eds.) *Innovation via Collaborative Learning in Engineering Education*, LNNS vol. 1848, 2026, pp. 1–8, doi:10.1007/978-3-032-20381-6_12.
- [2] A. Krestanova, M. Cerny, and M. Augustynek, "Review: Development and technical design of tangible user interfaces in wide-field areas of application". In: *Sensors*, vol. 21, no. 13, 2021, pp. 1-41, doi:10.3390/s21134258.
- [3] J. Footitt, D. Brown, S. Marks, and A. M. Connor, "An intuitive tangible game controller". *Proceedings of the 2014 Conference on Interactive Entertainment (IE2014)*, Newcastle, NSW, Australia, 2014, pp. 1-7, doi: 10.1145/2677758.2677774.
- [4] M. Kok, J. D. Hol, and T. B. Schön, "Using inertial sensors for position and orientation estimation". In: *Foundations and Trends in Signal Processing*, vol. 11, no. 1–2, 2017, pp. 1–153, doi:10.1561/20000000094.
- [5] P. Franček, K. Jambrošić, M. Horvat, and V. Planinec, "The performance of inertial measurement unit sensors on various hardware platforms for binaural head-tracking applications". In: *Sensors*, vol. 23, no. 2, 2023, pp. 1-26, doi:10.3390/s23020872.
- [6] M. N. Öz, S. Budak, E. Kurnaz, and A. Durdu, "Orientation determination in IMU sensor with complementary filter". In: *Turkish Journal of Forecasting*, vol. 6, no. 1, 2022, pp. 34–39, doi:10.34110/forecasting.1126184.
- [7] P. Narkhede, S. Poddar, R. Walambe, G. Ghinea, and K. Kotecha, "Cascaded complementary filter architecture for sensor fusion in attitude estimation". In: *Sensors*, vol. 21, no. 6, 2021, pp. 1-18, doi: 10.3390/s21061937.
- [8] A. R. See, J. A. G. Choco, and K. Chandramohan, "Touch, texture and haptic feedback: A review on how we feel the world around us," In: *Applied Sciences*, vol. 12, no. 9, 2022, pp. 1-17, doi:10.3390/app12094686.

УДК 004.624

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ МУЛЬТИПЛЕЄРНОГО ІГРОВОГО ЗАСТОСУНКУ

ВОЙТКО В.В., ЧЕРНОВОЛИК Г.О., БАРЧУК Н.Є., ГАВРИЛЮК О.В., ЧОРНОПИСКИЙ Р.В.
(dekanfki@i.ua, lina2433@gmail.com, kafedra_pz_2105@ukr.net,
roman.chornopiskiy55@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто підходи до реалізації 2D мультиплеєрної гри жанру гонки «Free Race» на базі рушія Unity з використанням мережевої бібліотеки Photon Fusion 2. Описано особливості побудови авторитетної клієнт-серверної архітектури, методи синхронізації ігрових об'єктів через реплікацію стану NetworkObject, а також реалізацію фізичної моделі керування автомобілем та системи checkpoint'ів. Наведено структуру мережевої взаємодії між клієнтами та хмарним сервером Photon Cloud.

Вступ

Мультиплеєрні ігрові застосунки потребують складної архітектури для забезпечення взаємодії гравців у реальному часі. Ключовими викликами є синхронізація станів ігрових об'єктів, мінімізація мережевих затримок та підтримка кількох платформ одночасно. У роботі розглянуто методи та засоби реалізації 2D мультиплеєрної гри «Free Race», яка дозволяє 4-м гравцям змагатися на 2D трасі в режимі реального часу через хмарний сервер Photon Cloud.

Архітектура мережевої взаємодії

Гра «Free Race» базується на авторитетній клієнт-серверній архітектурі з використанням Photon Fusion 2. У такій системі один з клієнтів виступає хостом (Host), який виконує авторитетну симуляцію ігрової логіки та реплікує стан NetworkObject-компонентів до всіх підключених

клієнтів. Клієнти передають вхідні дані на сервер через структуру `NetworkInputData` та отримують від нього оновлення позицій усіх автомобілів.

Завдяки централізованій обробці ігрових подій досягається узгодження стану гри для всіх учасників. Підключення гравців реалізовано через клас `NetworkManager`, який імплементує `INetworkRunnerCallbacks`. При приєднанні нового гравця (`OnPlayerJoined`) автоматично виконується спавн мережевого префаба автомобіля на відповідній стартовій позиції [1].

Особливості реалізації ігрових модулів

Реалізація гри «Free Race» включає кілька ключових модулів. Модуль обробки вводу (`CarInputHandler`) забезпечує збір вхідних даних як з клавіатури (`Input.GetAxisRaw`), так і з сенсорного UI-інтерфейсу через метод `SetInput()`. Підтримується до 4-х незалежних ігрових осей, що дозволяє одночасно керувати різними автомобілями з одного пристрою. Об'єднані дані передаються до мережевого шару через структуру `NetworkInputData` [2]. На рисунку 1 зображено діаграму послідовності підключення гравців.

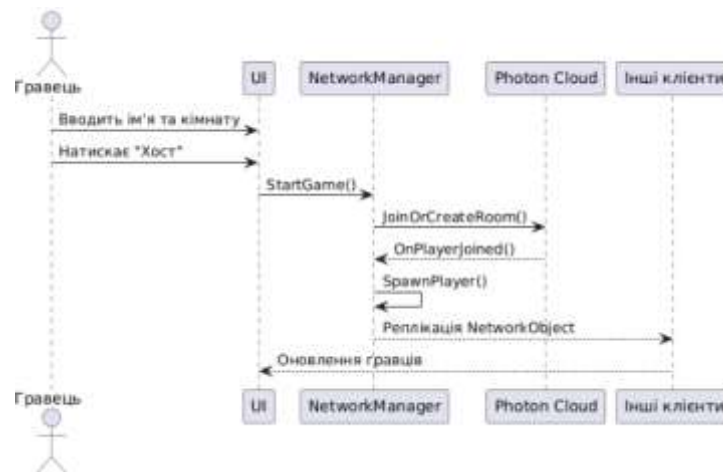


Рис. 1 – Діаграма послідовності підключення гравців

Фізична модель руху реалізована засобами Unity 2D Physics через компонент `Rigidbody2D`. До автомобіля застосовуються сили відповідно до вхідних даних вертикальної та горизонтальної осей. Дрейф реалізований через обмеження бічного ковзання: обчислюється боковий вектор швидкості та застосовується демпфуюча сила. Обробка зіткнень виконується через `OnCollisionEnter2D` з відтворенням звукового ефекту, пропорційного силі удару [3].

Синхронізація та система checkpoint'ів

Синхронізація ігрових об'єктів у «Free Race» базується на предиктивній реплікації стану Photon Fusion 2: кожен клієнт збирає вхідні дані через `INetworkRunnerCallbacks.OnInput`, передає їх хосту, який симулює фізику та реплікує стан до всіх клієнтів. Затримка синхронізації не перевищує 50 мс в умовах стабільного з'єднання [4].

Система checkpoint'ів реалізована через компонент `CarLapCounter`. При проїзді крізь checkpoint (`OnTriggerEnter2D`) перевіряється порядковий номер. Фінішна лінія є checkpoint'ом з ознакою `isFinishline`, при проїзді якої збільшується лічильник кіл. Позиції гравців визначаються методом `UpdatePositions()` через сортування за кількістю пройдених checkpoint'ів та часом [5].

Висновки

Розробка 2D мультиплеєрної гри «Free Race» підтвердила ефективність авторитетної клієнт-серверної архітектури на базі Photon Fusion 2 для реалізації стабільної мережевої взаємодії до 4-х гравців одночасно. Удосконалено метод синхронізації ігрових об'єктів через предиктивну реплікацію стану `NetworkObject`, який мінімізує мережеві затримки. Удосконалено метод обробки вводу для мобільних пристроїв, що інтегрує сенсорне та клавіатурне введення в єдину структуру `NetworkInputData`. Застосування Unity 2D Physics разом з Photon Fusion 2 дозволяє створювати стабільні крос-платформені мультиплеєрні ігрові застосунки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Photon Fusion 2 Documentation [Online]. Available: <https://doc.photonengine.com/fusion/current/getting-started/overview>.
- [2] Unity Documentation. Physics 2D [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/Physics2DReference.html>.
- [3] Gambetta G. Fast-Paced Multiplayer [Online]. Available: <https://www.gabrielgambetta.com/client-server-game-architecture.html>.
- [4] Gregory J. Game Engine Architecture (3rd Edition). CRC Press. 2018. 1024 p.
- [5] Войтко В.В., Черноволик Г.О., Гаврилюк О.В., Барчук Н.Є., Чорнопиский Р.В. Розробка методу і засобів створення 2D мультиплеєрної гри жанру "гонки"/ Матеріали LV Всеукраїнської науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2026). Збірник доповідей: URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2026/paper/view/28001/22974>

УДК 004.94:004.42:794.8

РОЗРОБКА БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКОЇ ОНЛАЙН-ГРИ НА ПЛАТФОРМІ ROBLOX «ANIVERSE TYCOON»

ГАЛИШИЧ І.М., (halyshych.ihor@student.uzhnu.edu.ua),

ІВАНЧО І.І., (ivancho.ivan@student.uzhnu.edu.ua),

Ужгородський національний університет

У роботі розглянуто технічні особливості створення багатокористувацької онлайн-гри "Aniverse Tycoon" на платформі Roblox. Основну увагу приділено побудові клієнт-серверної архітектури, розподілу відповідальності між серверною та клієнтською частинами, реалізації системи прогресії, бойових механік, збереження даних, інтерфейсу користувача, анімацій та візуальних ефектів. Описано використані інструменти Roblox Studio, Lua, Knit, ProfileService.

Ключова ідея: об'єднати класичний магнат із циклом бойового екшену та щотижневими подіями, без *pay-to-win*, щоб зруйнувати стандартний стереотип про режими магната на платформі Roblox. Створити тайкун, який не втрачає актуальності після однієї ігрової сесії.

Основні завдання роботи:

- проаналізувати особливості розробки багатокористувацьких онлайн-ігор на платформі Roblox;
- визначити структуру основних ігрових систем у жанрі Tycoon;
- реалізувати серверну та клієнтську логіку гри;
- розробити систему розвитку магнату, прогресію персонажа та гравця;
- реалізувати механіки внутрішньої ігрової економіки, нагород і збереження даних;
- створити бойові взаємодії між гравцями та ігровими супротивниками;
- інтегрувати інтерфейс користувача, анімації, звукові та візуальні ефекти;
- провести оптимізацію й тестування реалізованих систем.

Реалізація. Розробка гри виконувалася з урахуванням особливостей середовища Roblox, де важливо правильно розділити логіку між серверною та клієнтською частинами. Основна увага була приділена стабільній роботі ігрових систем, збереженню прогресу гравців, коректному нарахуванню валюти, роботі бойових механік, інтерфейсу користувача, анімацій та візуальних ефектів.

1. Клієнт-серверна архітектура.

У процесі розробки було використано модульну структуру на основі фреймворку Knit, який

дозволяє розділити логіку проекту на серверні скрипти (сервіси) та клієнтські (контролери). Сервіси відповідають за критично важливі процеси: обробку прогресу гравця, збереження даних, внутрішньоігрову економіку, бойові перевірки.

Клієнтська частина виступає проміжною ланкою між гравцем і серверною логікою: вона приймає дії користувача, передає необхідні запити на сервер та відображає результат обробки у вигляді інтерфейсу, анімацій, звукових або візуальних ефектів. Завдяки такому підходу основна логіка гри залишається під контролем сервера, а клієнтська частина відповідає переважно за зручність взаємодії та візуальне представлення ігрового процесу.

2. Збереження даних гравця.

Для збереження прогресу гравців використано *ProfileService*, який працює на основі *DataStoreService* та забезпечує надійну роботу з даними у багатокористувацькому середовищі *Roblox*. За допомогою цієї системи зберігаються основні параметри гравця: внутрішньоігрова валюта, відкриті персонажі магнату, прогрес персонажа та гравця, нагороди, налаштування та інші дані, необхідні дані для продовження гри після повторного входу. *ProfileService* дозволяє уникнути втрати прогресу під час виходу гравця з гри або завершення серверної сесії, а також зменшує ризик конфліктів при одночасній роботі з даними. Завдяки цьому гра не обмежується однією сесією, а має довготривалу систему розвитку користувача.

3. Інтерфейс користувача (UI).

Інтерфейс гри було розроблено у середовищі *Figma*, що дозволило спроектувати основні вікна інтерфейсу головних екранів, розташування кнопок, візуальний стиль елементів та логіку взаємодії користувача з меню. Після цього *UI* було перенесено в середовище *Roblox Studio* за допомогою елементів *ScreenGui*, *Frame*, *ImageLabel*, *TextLabel* та *ImageButton*. За інтерактивність інтерфейсу відповідають *ImageButton*, через які гравець може взаємодіяти з основними системами гри. Контролери обробляють натискання кнопок, оновлюють візуальний стан інтерфейсу та за потреби передають запити до серверних сервісів.

4. Проектування карти та концепції персонажів гри.

У процесі розробки було виконано проектування ігрової карти, продумано загальну концепцію персонажів та побудову самого магнату.

Також було продумано концепцію персонажів гри. Для цього підбирались персонажі з популярних аніме серіалів, які можуть мати цікаві здібності та виконувати різні ролі у ігровому процесі. Частина персонажів розглядалась як ігрові герої, а окремі – як супротивники, що робить гру більш різноманітною та додає гравцю мотивацію для подальшого розвитку.



Рис. 1. – Меню вибору персонажів

5. Створення та реалізація здібностей персонажів.

У процесі розробки гри було створено ідеї та реалізовано окремі здібності для ігрових персонажів. Для кожної здібності продумувалась її роль у ігровому процесі: спосіб активації, тип

ураження, радіус дії, нанесення шкоди, звукове супроводження, а також її візуальне представлення.

Анімації для здібностей створювались у *Blender*, що дозволило зробити рухи персонажів більш виразними та підлаштувати їх під конкретні здібності. Візуальні ефекти реалізовувались засобами платформи *Roblox*, зокрема через доступні плагіни для створення ефектів, частинок, енергетичних атак, вибухів та ривків.

Також було виконано скриптинг усіх здібностей персонажів. У скриптах реалізовувалась логіка атаки: створення *hitbox*-зон, перевірка попадання по цілях, нанесення шкоди, взаємодія з ворогами та синхронізація ефектів з анімаціями.

Завдяки цьому здібності мали не лише візуальну частину, а й повноцінно працювали в ігровому процесі.

Візуальна частина здібностей реалізована на клієнті, серверна частина відповідає тільки за нанесення шкоди та застосування додаткових станів.



Рис. 2. – Геймплей

Тестування та результати. Після реалізації основних систем було проведено тестування гри в реальних умовах платформи *Roblox*. Перевірялася стабільність роботи серверної та клієнтської частин, коректність збереження прогресу, робота інтерфейсу, бойових механік, візуальних ефектів та взаємодія кількох користувачів в одній ігровій сесії.

Практичним результатом розробки стало створення працездатної багатокористувацької гри, яка була опублікована на платформі *Roblox* і отримала значну кількість взаємодій від користувачів. За статистикою сторінки гри, кількість відвідувань перевищила 2,6 млн, а кількість гравців, які отримали стартовий бейдж "Welcome", становить понад 1,14 млн. Також гра має понад 152 тис. додавань в обране та понад 33 тис. позитивних оцінок від користувачів. Це свідчить про те, що реалізовані ігрові системи були протестовані не лише в локальному середовищі розробки, а й у реальних умовах з великою кількістю користувачів.

Висновки. Отримані результати показали, що обрана ігрова архітектура дозволяє забезпечити стабільну роботу основних систем гри. Водночас аналіз статистики відвідувань і взаємодії гравців може бути використаний для подальшого вдосконалення балансу, оптимізації продуктивності та розвитку нових ігрових механік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Roblox Creator Documentation” [Online]. Available: <https://create.roblox.com/docs>
2. Luau Documentation” [Online]. Available: <https://luau.org/>
3. Knit Framework Documentation” [Online]. Available: <https://sleitnick.github.io/Knit/>
4. ProfileService Documentation” [Online]. Available: <https://madstudioroblox.github.io/ProfileService/>

АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ У ВЕБ-ГЕОІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

ДЕНИСЮК Д.О. (ddo082005@gmail.com)

Поліський національний університет

У дослідженні було переглянуто алгоритм обробки геопросторових даних у веб-геоінформаційних системах. Запропоновано модель послідовності етапів обробки: збору, нормалізації, структуризації, збереження, аналізу та візуалізації даних. Алгоритм дозволяє покращити ефективність роботи з геопросторовою інформацією, оптимізувати процеси аналізу та забезпечити підтримку у прийнятті рішень. Отримані результати можуть бути використовуватися при створенні сучасних веб-ГІС та інформаційно-аналітичних систем.

Постановка проблеми. В умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій, геоінформаційні системи відіграють ключову роль у роботі з просторовими даними. Обробка геопросторової інформації включає алгоритмічні процеси, які потребують оптимізації.

Велика кількість даних надходить із різних джерел, що призводить до їх неоднорідності, дублювання та складності в інтеграції. Відсутність ефективних алгоритмів обробки ускладнює аналіз та зменшує якість отриманих результатів.

Крім того, існуючі підходи часто не враховують в необхідність обробки даних у реальному часі, що є фатальним для сучасних інформаційних систем. Це викликає необхідність розробки універсального алгоритму обробки геопросторових даних.

Перелік вирішених завдань. Метою дослідження є розробка ефективного алгоритму обробки геопросторових даних у веб-геоінформаційних системах.

Для досягнення мети було вирішено такі завдання: аналіз методів обробки даних; визначення головних етапів алгоритму; розробка структури обробки; реалізація алгоритмічної моделі; оцінка ефективності запропонованого підходу.

Суть дослідження. Запропонувати алгоритм обробки геопросторових даних, що складається з декількох пов'язаних етапів, що доють повний цикл роботи з інформацією.

Перший етап – збір даних. На цьому етапі відбувається отримання інформації з різних джерел, включаючи бази даних, веб-сервіси та відкриті геопросторові ресурси.

Другий етап – попередня обробка. Виконується очищення даних від помилок, щоб усунути дублювань та нормалізувати формат, що забезпечує їх узгодженість.

Третій етап – структуризація та збереження. Дані формуються у відповідні до структури та зберігаються у базі даних, що дозволяє виконувати подальший аналіз.

Четвертий етап – обробка запитів користувача. Система гарантує формування та виконання запитів для отримання потрібної інформації.

П'ятий етап – аналітична обробка. Виконується просторовий аналіз даних, оцінювання показників та побудова моделей.

Шостий етап – візуалізація. Результати відображаються у вигляді карт, графіків та інших візуальних елементів.

Алгоритм забезпечує високу ефективність обробки даних та дозволяє зменшити час виконання аналітичних операцій.

Висновки. Розроблений алгоритм обробки геопросторових даних є корисним інструментом для використання у веб-геоінформаційних системах. Його використання дозволяє збільшити швидкість обробки інформації, забезпечити її точність та покращити якість аналітичних результатів.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів, використання методів машинного навчання та інтеграцію з іншими інформаційними системами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 1 Бурроу П., МакДоннел Р. Принципи геоінформаційних систем. – К.: Основи, 2016. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://fileserv-az.core.ac.uk/download/pdf/11325366.pdf>

2. Технічні вимоги до специфікацій геопросторових даних : наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 10.11.2021 № 347. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0022-22>
3. Haklay M. Web Mapping 2.0, 2018.
3. Tomlinson R. Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers. ESRI Press, 2013. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://books.google.com.ua/books?id=X8XgSAJrJVUC&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

УДК 004.42

МЕТОДИКА ІНТЕГРАЦІЇ МЕРЕЖЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ НА БАЗІ UNITY NETCODE FOR GAMEOBJECTS НА РАННІХ ЕТАПАХ РОЗРОБКИ ІГРОВИХ ПРОЄКТІВ

ЖАЖИН Д.О. (plamenuy@gmail.com),

ЖУКОВЕЦЬКА С.Л.

Одеський національний технологічний університет

У роботі розглядається комплексна методика розробки багатокористувацьких ігрових проєктів з використанням сучасного мережевого пакету Unity Netcode for GameObjects (NGO). Обґрунтовано критичну необхідність впровадження надійної клієнт-серверної архітектури безпосередньо на початкових етапах створення гри, що дозволяє уникнути глобального рефакторингу коду на пізніх стадіях виробництва. Запропоновано та проаналізовано ефективні підходи до синхронізації процедурно генерованого світу, фізичних взаємодій та спільних дій гравців у динамічному кооперативному середовищі.

Актуальність даного дослідження зумовлена тим, що на сучасному етапі розвитку індустрії розробки відеоігор, зокрема в жанрі кооперативних симуляторів з елементами виживання, зростає попит на безшовний мережевий досвід. Проте поширеною архітектурною помилкою багатьох інді-розробників є спроба інтеграції мережевого коду у вже готовий однокористувацький проєкт. Практика показує, що такий підхід зазвичай призводить до критичних конфліктів даних, втрати продуктивності і, як наслідок, вимагає повного переписування бази коду. Тому розробка та суворе дотримання методики, яка передбачає пріоритетне створення мультиплеєра з перших кроків розробки, є надзвичайно актуальним завданням для забезпечення технічної стабільності та успішної реалізації проєкту.

Завдання полягає у формуванні покрокової методики застосування інструментів Unity, зокрема Netcode for GameObjects, для побудови надійного фундаменту кооперативної гри, де дії гравців, фізика та процедурна генерація середовища коректно синхронізуються між усіма учасниками сесії без перевантаження мережевого каналу.

Аналіз поставленого завдання виявляє низку складних технічних викликів, які необхідно вирішити на етапі проєктування. Головна проблема полягає в тому, що сучасні кооперативні ігри з відкритим або процедурно генерованим світом оперують величезними масивами даних: координатами сотень об'єктів, станом екосистеми, характеристиками персонажів та поведінкою штучного інтелекту. Спроба прямої синхронізації кожного елемента в режимі реального часу між усіма клієнтами неминуче призведе до критичного перевантаження мережевого каналу та високої затримки. Тому завдання зводиться до розробки оптимізованої архітектури, де чітко розмежовано, які процеси обчислюються локально на машинах гравців, а які потребують суворого централізованого контролю з боку сервера.

Вирішення окреслених завдань здійснюється за допомогою інструментарію Unity Netcode for GameObjects (NGO). Це сучасна мережева бібліотека високого рівня, розроблена спеціально для рушія Unity як надійна заміна застарілому фреймворку UNet. Її ключова перевага полягає у глибокій інтеграції з екосистемою рушія: розробники можуть оперувати звичними об'єктами, додаючи до них мережеву ідентичність через компонент NetworkObject. NGO пропонує потужний механізм синхронізації стану за допомогою структури NetworkVariable, яка автоматично відстежує

зміни даних та розсилає їх підключеним клієнтам з урахуванням прав доступу. Крім того, бібліотека надає гнучку систему віддаленого виклику процедур у вигляді ServerRpc та ClientRpc, що суттєво спрощує побудову авторитетної серверної логіки та захист від потенційного шахрайства з боку гравців.

Першим етапом є пріоритетна ініціалізація мережевого стеку. Розробка проекту починається не зі створення локальних скриптів управління, а з побудови клієнт-серверної архітектури. Усі базові дії головного героя від самого початку пишуться як віддалені мережеві виклики та синхронізуються через мережеві змінні.

Другий крок полягає в оптимізації синхронізації процедурної генерації. Для того, щоб ігровий світ у кооперативі був однаковим у всіх учасників, використовується алгоритмічний підхід. Замість передачі великих обсягів даних про розташування кожного згенерованого дерева чи каменя через інтернет, сервер генерує спільний математичний ключ генерації і передає його клієнтам. Локальні машини гравців використовують цей ключ для ідентичного відтворення карти.

На третьому етапі здійснюється інтеграція сервісів Relay та Lobby. Для забезпечення стабільного з'єднання між клієнтами без необхідності складного налаштування портів з боку гравців, методика передбачає використання цих хмарних сервісів Unity. Це дозволяє побудувати надійну інфраструктуру пошуку матчів та спільних сесій.

Четвертим пунктом є абстрагування логіки та встановлення авторитету сервера. Для уникнення розсинхронізації, сервер виступає єдиним авторитетним джерелом істини. Перерахунок динамічної поверхні карти для поведінки мобів та фізичні взаємодії об'єктів обчислюються на стороні сервера, після чого клієнти отримують лише необхідні дані для рендерингу.

Висновки. Запропонована методика розробки ігрового проекту, що базується на першочерговому впровадженні Unity Netcode for GameObjects, дозволяє створити стабільну та оптимізовану кооперативну гру. Побудова клієнт-серверної архітектури з перших етапів запобігає виникненню архітектурних конфліктів у майбутньому, а передача математичних ключів замість готових масивів даних при процедурній генерації суттєво знижує навантаження на мережу, забезпечуючи плавний ігровий досвід.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Unity Documentation: Netcode for GameObjects. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.netcode.gameobjects@2.11/manual/index>
2. Unity Documentation: Unity Relay. URL: <https://docs.unity.com/en-us/relay>
3. Unity Documentation: Unity Lobby. URL: <https://docs.unity.com/en-us/lobby/get-started>

УДК 004.92

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ РЕНДЕРИНГУ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

ЗАВАЛЬНЮК Є. К. (qq9272627@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто особливості застосування основних напрямків рендерингу в комп'ютерних іграх.

Рендеринг у комп'ютерній графіці й, зокрема, в ігрових застосунках полягає в перетворенні геометричного подання тривимірної сцени у двовимірне зображення, що відображається на екрані користувача. При формуванні зображення враховуються геометричні дані, матеріали, моделі освітлення, камери, алгоритми обчислення інтенсивностей кольору пікселів. Сучасні ігрові рушії використовують декілька принципово різних напрямків рендерингу, таких як растеризація, трасування променів та гібридні методи. Кожен зі зазначених напрямків має власні особливості застосування, обмеження та сфери використання [1].

Традиційним і досі основним напрямком рендерингу в реальному часі є растеризація. Вона полягає в тому, що тривимірні об'єкти проєктуються на площину екрану. Після цього визначають, які фрагменти відповідають конкретним пікселям. Відносно кожного пікселя, використовуючи

відповідні шейдери, здійснюють обчислення, що враховують текстури, властивості освітлення та матеріалів. Основною перевагою рендерингу на основі растеризації є висока продуктивність, що дозволяє досягати стабільно високого значення FPS (кадрів за секунду) навіть при візуалізації складних сцен з великою кількістю об'єктів [2].

Для подолання обмежень рендерингу на основі растеризації активно застосовують трасування променів. Метод полягає в моделюванні фізичної поведінки світла шляхом відстеження траєкторії променів з камери через пікселі сцени до об'єктів сцени, з подальшим породженням вторинних променів. Залежно від властивостей матеріалів поверхонь об'єктів, промені можуть відбиватись, заломлюватись і поглинатись. Метод дозволяє отримати значно вищий рівень візуальної реалістичності порівняно з растеризацією [3].

Основним недоліком методу трасування променів є його висока обчислювальна складність. Для кожного пікселя необхідно перевірити наявність перетинів променів з великою кількістю геометричних примітивів. Це створює значне навантаження на GPU (графічний процесор) і обмежує повне застосування методу для рендерингу в реальному часі. Саме тому даний метод довгий час переважно застосовувався для задач офлайн-рендерингу, наприклад у кіноіндустрії [2].

Тому в сучасних ігрових технологіях використовують методи гібридного рендерингу. Гібридний рендеринг полягає в тому, що базова складова сцени формується за допомогою алгоритму растеризації, а трасування променів використовують для моделювання окремих компонентів освітлення, таких як віддзеркалення, тіні, амбієнтна оклюзія, непряме освітлення. Це дозволяє досягти компромісу між якістю зображення та продуктивністю його формування.

Розглянемо особливості підвищення продуктивності та реалістичності рендерингу в комп'ютерних іграх.

Важливим елементом сучасних систем рендерингу є використання спеціальних структур прискорення, наприклад, ієрархій обмежувальних об'ємів (BVH). Вони дозволяють значно скоротити кількість перевірок перетинів променів із геометрією сцени, відкидаючи групи об'єктів, що не взаємодіють з променями. Це суттєво підвищує ефективність трасування променів, полегшує використання даного методу в режимі реального часу.

Важливим напрямком також є апаратне прискорення рендерингу. Сучасні графічні блоки вміщують спеціалізовані блоки для трасування променів, що значно зменшує навантаження на основні обчислювальні ядра. Це дозволяє інтегрувати трасування променів у комерційні ігри без великого зменшення продуктивності візуалізації [4].

Окрему роль відіграють алгоритми денойсингу, що застосовують для вилучення шуму, який виникає при використанні недостатньо великої вибірки променів. Розмір вибірок променів зменшують для підвищення продуктивності формування зображень у режимі реального часу, що часто спричиняє артефакти візуалізації у вигляді зернистості. Денойсинг дозволяє відновити деталізацію ділянок зображення, аналізуючи часові та просторові залежності між пікселями [3].

Суттєвим аспектом рендерингу є можливість моделювання глобального освітлення. У методі растеризації воно зазвичай апроксимується за допомогою спеціальних методів. У випадку трасування променів, глобальне освітлення моделюють більш природним способом шляхом врахування багатократного відбиття світлових променів. Це забезпечує більш точне відтворення особливостей взаємодії світла з матеріалами сцени [2].

У сучасних ігрових рушіях широко застосовують оптимізацію рівнів деталізації (LOD) [5], що дозволяє зменшувати складність полігональних моделей об'єктів залежно від відстані до камери. Це важливо як і для методу растеризації, так і для методу трасування променів, оскільки зменшується загальна кількість обчислень і підвищується продуктивність формування зображень. У поєднанні з іншими методами оптимізації, це сприяє візуалізації складних сцен у режимі реального часу [1].

Таким чином, сучасний рендеринг у комп'ютерних іграх базується на поєднанні кількох технологічних напрямків. Растеризація забезпечує швидкість і ефективність, трасування променів забезпечує моделювання фізично-коректного освітлення, а гібридні системи дозволяють балансувати ці властивості відповідно до вимог продуктивності. Подальший розвиток апаратного забезпечення та алгоритмів оптимізації зменшує суперечливість між реалістичністю та швидкістю рендерингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] T. Akenine-Möller, E. Haines, and N. Hoffman, *Real-Time Rendering*, 4th ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2018.
- [2] M. Pharr, W. Jakob, and G. Humphreys, *Physically Based Rendering: From Theory to Implementation*, 3rd ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann, 2016.
- [3] Microsoft Corporation. "DirectX Raytracing (DXR) Specification and Documentation." Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com> (accessed Apr. 13, 2026).
- [4] NVIDIA Corporation. "NVIDIA RTX Technology Overview and Developer Guide." NVIDIA Developer Documentation. <https://developer.nvidia.com> (accessed: Apr. 13, 2026).
- [5] O. Romanyuk and Y. Zavalniuk, "Deep learning-based determination of optimal triangles number of graphic object's polygonal model," in *IntelITSIS'2024: 5th International Workshop on Intelligent Information Technologies and Systems of Information Security*, Khmelnytskyi, Ukraine, 2024, pp. 39–51.

УДК 004.92

ІННОВАЦІЇ В ГАЛУЗІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР

ЗАВАЛЬНЮК¹ Є. К. (qq9272627@gmail.com), РОМАНЮК¹ О. Н., КОТЛИК² С. В.

¹Вінницький національний технічний університет

²Одеський національний технологічний університет

Розглянуто особливості основних інновацій у сучасних комп'ютерних іграх, зокрема, у напрямках рендерингу, штучного інтелекту, ігрового дизайну.

Одним із найбільш динамічних напрямків розвитку сучасних інформаційних технологій є інновації в галузі комп'ютерних ігор. Вони поєднують досягнення комп'ютерної графіки, штучного інтелекту, фізичного моделювання, мережових технологій та інтерактивного дизайну. Сучасні комп'ютерні ігри є не лише засобом розваги, а й використовуються в навчанні, медицині, бізнесі та наукових дослідженнях. Тому актуальним є аналіз інновацій у галузі комп'ютерних ігор.

Однією з основних інновацій є розвиток методів гібридного рендерингу [1], що базується на поєднанні растеризації [2] та трасування променів [3]. Раніше у режимі реального часу застосовувалась виключно растеризація завдяки її високій швидкодії. Однак, нині дедалі ширше впроваджується гібридний рендеринг, що забезпечує більш реалістичне моделювання освітлення та тіней. Зокрема, технології трасування променів для систем реального часу реалізовані на сучасних графічних процесорах і дозволяють більш точно відтворити ефекти глобального освітлення, що значно підвищує якість зображення.

Наступним важливим напрямом інновацій є використання штучного інтелекту (ШІ) в іграх. ШІ не лише визначає поведінку неігрових персонажів, а й забезпечує генерацію контенту, оптимізацію графічного відображення, покращення користувацького досвіду. Наприклад, технологія на основі машинного навчання DLSS [4] дозволяє збільшити роздільну здатність кадру без суттєвого зростання обчислювальних затрат. Нейронні мережі дозволяють генерувати текстури, анімації та навіть цілі ігрові рівні, що відкриває нові можливості для автоматизації розробки ігор. Окрім того, штучний інтелект полегшує створення адаптивних ігрових середовищ, які реагують на дії гравця в режимі реального часу.

Важливими є інновації в фізичному моделюванні. Сучасні ігрові рушії використовують складні фізичні моделі для моделювання руху об'єктів, води, тканин, руйнувань. Це забезпечує формування більш реалістичних сцен. Наприклад, технології soft-body та rigid-body забезпечують точне відтворення деформації об'єктів і їх взаємодії. Для моделювання диму, вогню, вибухів і погодних явищ, як правило, застосовують системи частинок. Інновації даного напрямку спрямовані на досягнення балансу між точністю та продуктивністю фізичного моделювання.

Розвиток методів віртуальної (VR) [5] і доповненої (AR) реальності також є одним із основних напрямків інновацій в галузі комп'ютерних ігор. Дані технології змінюють спосіб

взаємодії користувача з ігровим середовищем, забезпечуючи ефект повного занурення. У VR-іграх гравець може взаємодіяти з тривимірним світом за допомогою спеціальних контролерів і сенсорів руху, що створює ефект фізичної присутності. AR-технології поєднують реальний світ з віртуальними об'єктами, що відкриває нові можливості для комп'ютерних ігор. Характерним є покращення відстеження руху об'єктів, зменшення затримок і підвищення якості формування зображень.

Не менш важливим є розвиток мережових і хмарних технологій для комп'ютерних ігор. Розвиток високошвидкісного інтернету та потужних серверних інфраструктур дозволив запускати ресурсомісткі ігри на віддалених серверах і транслювати ігрові кадри на екрани гравців. Це дозволяє грати в сучасні ігри на відносно слабких пристроях, як-от телефони та планшети. Загалом, хмарний геймінг спрощує доступ до ігор і зменшує потребу в локальному встановленні програмного забезпечення. Основними напрямками інновацій цієї галузі є зменшення затримок даних і підвищення стабільності інтернет-з'єднання.

Значний розвиток характерний також для ігрового дизайну. Сучасні ігри є більш відкритими та мають більш нелінійний сюжет [6]. Це дозволяє гравцям значною мірою самостійно визначати спосіб проходження гри. Відкриті світи, процедурна генерація контенту та інтерактивні сюжетні лінії забезпечують унікальний ігровий досвід для кожного гравця. Однією із інновацій є використання психологічних і поведінкових моделей для збільшення залучення гравців. Гейміфікація, що полягає в застосуванні ігрових механік у неігрових сферах, є поширеною в освіті, маркетингу, управлінні персоналом.

Окремо потрібно відзначити розвиток технологій захоплення руху та анімації. Сучасні програмні системи забезпечують точне відтворення рухів людини та перенесення їх у віртуальне середовище. Це значно покращує якість анімації та робить поведінку ігрових персонажів більш природною. Перспективним напрямком є використання машинного навчання для автоматичної генерації кадрів і синтезу рухів на основі заданих параметрів.

Наступний важливий напрям інновацій – це розвиток звукових технологій. Більш реалістична акустична атмосфера досягається використанням просторового звуку й адаптивних аудіосистем. Також, для сучасних ігор характерними є складні алгоритми обробки звуку, що враховують розташування об'єктів, відбиття звукових хвиль і особливості середовища. Це підвищує рівень ігрового занурення для користувача.

Інновації в апаратному забезпеченні також відіграють важливу роль у розвитку комп'ютерних ігор. Сучасні графічні процесори [7,8], багатоядерні центральні процесори, високошвидкісна пам'ять забезпечують обробку великих обсягів даних [9] у режимі реального часу. Розвиток спеціалізованих пристроїв, таких як VR-шоломи та ігрові консолі, спричиняє появу нових форматів ігор.

Не можна оминати увагою й соціальний аспект інновацій комп'ютерних ігор. Онлайн-ігри сприяють формуванню нових форм взаємодії між людьми. Кіберспорт є окремою індустрією з мільйонною аудиторією та значними фінансовими потоками. Ігри стали потужним засобом комунікації та самовираження, що робить їх важливою частиною сучасної культури.

Отже, інновації в галузі комп'ютерних ігор поєднують широкий спектр технологій, що постійно розвиваються та доповнюють одна одну. Від удосконалення графічних алгоритмів до впровадження штучного інтелекту й нових форм взаємодії – все це сприяє створенню більш реалістичних, інтерактивних і захопливих ігрових світів. У майбутньому комп'ютерні ігри стануть ще більш інтегрованими з різними сферами життя, відкриваючи нові можливості для навчання, творчості та комунікацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] O. Y. Stakhov, O. N. Romanyuk, and Y. K. Zavalniuk, "Combined usage of Phong shading and ray tracing", in *Global Trends in the Development of Information Technology and Science: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference*, Stockholm, Sweden, 2025, pp. 145–150.

[2] О. Н. Романюк, О. В. Романюк, та Р. Ю. Чехместрук, *Комп'ютерна графіка*. Вінниця: ВНТУ, 2023.

- [3] О. Н. Романюк, та Є. К. Завальнюк, “Метод зворотного трасування променів”, у *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: Матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*, Запоріжжя, Україна, 2024, с. 119–124.
- [4] O. Romanyuk, Y. Zavalniuk, O. Bobko, O. Stakhov, and S. Romanyuk, “Artificial intelligence usage for the formation of graphic images”, in *Artificial Intelligence in Science: Monograph*. Kyiv, Ukraine, 2025, pp. 165–181.
- [5] Є. К. Завальнюк, О. Н. Романюк, та В. П. Майданюк, “Використання штучного інтелекту в задачах віртуальної реальності”, у *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку*, Черкаси, Україна, 2024, с. 205–207.
- [6] Є. К. Завальнюк, О. Н. Романюк, та І. А. Сацюк, “Використання нелінійності сюжету як ігрової механіки”, у *Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації»*, Одеса, Україна, 2025, с. 313–314.
- [7] Є. К. Завальнюк, О. Н. Романюк, А. В. Снігур та Р. П. Шевчук, “Аналіз сучасних архітектур GPU”, у *Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів*, Одеса, Україна, 2023, с. 302–303.
- [8] Є. К. Завальнюк, О. Н. Романюк, та Р. П. Шевчук, “Особливості розробки тривимірних ігор”, у *Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2023 / Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів*, Одеса, Україна, 2023, с. 254–256.
- [9] О. Н. Романюк, С. В. Павлов, О. Л. Бобко, Є. К. Завальнюк, та О. О. Решетнік, “Аналіз великих даних у комп'ютерній графіці”, *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*, вип. 47, № 1, с. 50–57, 2024.

УДК 159.9:004.9

ВІЗУАЛЬНА НОВЕЛА ЯК ІНСТРУМЕНТ ІГРОВОЇ ПСИХОДІАГНОСТИКИ

ЗАЛИВАНСЬКИЙ С.В. (staszalivanskiy@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

У доповіді розглядається проблема об'єктивізації психодіагностики та обмеження традиційних методів, зумовлені свідомим і несвідомим спотворенням відповідей досліджуваними особами. Запропоновано підхід до психодіагностики на основі візуальної новели — жанру комп'ютерних ігор, у якому психологічна оцінка здійснюється неявно через аналіз поведінки гравця: його виборів, реакцій та часу прийняття рішень. Описано авторський програмний продукт «Life and Suffering» — візуальну новелу, реалізовану на рушії Ren'Py, що містить приховану систему балів та механізм збереження діагностичних даних для наступного аналізу. Обґрунтовано наукову новизну підходу та перспективи застосування штучного інтелекту у подальшому розвитку системи ігрової психодіагностики.

Сучасна психодіагностика [1] стикається з принциповою методологічною вадою: людина, яка знає, що її досліджують, свідомо або несвідомо коригує свої відповіді відповідно до соціальної бажаності, власних очікувань чи стратегічних міркувань. Це явище є частим для тестів, опитувальників та інтерв'ю і підриває об'єктивність отриманих даних. Ускладнення методик і збільшення обсягів даних не усувають так званий «ефект брехні» — адже суб'єкт залишається обізнаним щодо мети дослідження. Необхідний принципово інший підхід, за якого діагностика відбувається неявно для досліджуваної особи.

Комп'ютерні ігри створюють природне середовище для спостереження за поведінкою людини без її поінформованості про діагностичну мету. Гравець, захоплений ігровим процесом, діє відповідно до своїх справжніх когнітивних і емоційних патернів. Усі психодіагностичні методики

зрештою зводяться до отримання відповідей на діагностичні питання — відкрито (опитувальники) або приховано (проективні методи). Гра органічно реалізує другий підхід: вона ставить ці питання у вигляді ігрових ситуацій і фіксує поведінкові реакції гравця.

Серед жанрів комп'ютерних ігор особливе місце для психодіагностики займають візуальні новели. Цей жанр поєднує наративний контент з розгалуженою системою виборів, де кожне рішення гравця відображає його ціннісні орієнтації, стратегії поведінки та емоційний стан. Візуальна новела не потребує рефлексивних відповідей — гравець просто «живе» в історії. При цьому система може фіксувати:

- послідовність і характер зроблених виборів;
- час формування рішення у кожній ситуації;
- реакцію на морально неоднозначні або стресові сцени;
- зміни поведінкових патернів упродовж гри;
- кількість повторних проходжень та відмінності між ними.

У межах дослідження розроблено авторську візуальну новелу «Life and Suffering», реалізовану на рушії Ren'Py[2]. Сюжет охоплює подорож головного героя, який опиняється в невідомому місці та зустрічає людей із різними життєвими філософіями. Кожна зустріч є діагностичною ситуацією: гравець має обрати реакцію або позицію щодо екзистенційних питань — про сенс життя, зону комфорту, ідентичність серед інших і власну ідентичність.

Ключовою діагностичною особливістю є прихована система балів: гравець не отримує явних числових оцінок і не підозрює, що його поведінка фіксується. Він просто проживає наратив. Наприкінці гри фінальний персонаж — залежно від накопиченого патерну виборів — звертається до гравця і аналізує його рішення впродовж усієї взаємодії. Таким чином, діагностичний зворотний зв'язок подається не як тестовий результат, а як органічна частина сюжету, що зберігає ефект неяви до самого кінця.

Рушій Ren'Py, розроблений спеціально для візуальних новел, надає вбудовані засоби для розгалуженого наративу, збереження станів гри та виконання Python-сценаріїв. Це дозволяє інтегрувати діагностичні модулі безпосередньо в ігровий процес без розривів у наративі. Гра може функціонувати у двох режимах: повністю автономно (гравець проходить гру самостійно, дані зберігаються для подальшого аналізу) або за участю психолога, який спостерігає за сесією в реальному часі та може корегувати діагностичні ситуації. Обидва режими передбачають повну прозорість зібраних даних для фахівця.

Запропонований підхід відрізняється від існуючих методів психодіагностики тим, що інструментом оцінювання є повноцінний художній продукт — гра, яка має самостійну культурну цінність. Гравець не сприймає її як тест. Це усуває захисні механізми та соціальну бажаність відповідей. На відміну від загальних концепцій ігрової психодіагностики, у роботі представлено конкретний реалізований програмний засіб із визначеними діагностичними конструктами, системою збору даних та механізмом інтерпретації результатів.

Перспективним напрямом є інтеграція штучного інтелекту, що забезпечить адаптивність ігрових ситуацій до поведінки конкретного гравця, автоматичне виявлення прихованих закономірностей та підвищення точності психодіагностичних висновків. Також планується розширення діагностичного інструментарію: підключення аналізу часу реакцій, дослідження ефектів повторного проходження та верифікація результатів на клінічних вибірках.

Візуальна новела є перспективним та практично реалізованим засобом неявної психодіагностики. Програмний продукт «Life and Suffering» демонструє, що художній ігровий наратив може слугувати валідним діагностичним інструментом, який обходить обмеження традиційних методів завдяки відсутності у гравця усвідомлення факту дослідження. Поєднання ігрового середовища, прихованої системи оцінювання та механізму збереження даних утворює повноцінну платформу для психодіагностики нового покоління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. Kosinski, D. Stillwell, and T. Graepel, "Private traits and attributes are predictable from digital records of human behavior," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, no. 15, pp. 5802–5805, 2013.
2. Ren'Py Visual Novel Engine. [Online]. Available: <https://www.renpy.org>. [Accessed: May 2025].

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ МЕРЕЖНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ В ОС WINDOWS

ЗІБОРОВ Н.В., КАТЄЛЬНИКОВ Д.І. (niktelepat@gmail.com, katielnikov@vntu.edu.ua)
Вінницький національний технічний університет

У роботі обґрунтовано необхідність та описано процес розробки програмного забезпечення для автоматизації налаштування мережеских адаптерів у Windows. Проаналізовано існуючі рішення та запропоновано архітектуру на базі WMI та C++/CLI.

Вступ. У сучасних корпоративних та домашніх інформаційних системах забезпечення стабільного підключення до комп'ютерних мереж є критично важливим завданням. Зі стрімким поширенням мобільних робочих станцій та переходом багатьох компаній на гібридний формат роботи, користувачі змушені регулярно змінювати своє мережеве оточення. Це вимагає постійного переходу від корпоративних мереж, де з міркувань безпеки використовується сувора статична IP-адресація та внутрішні DNS-сервери, до домашніх чи публічних Wi-Fi мереж із динамічним отриманням параметрів (DHCP) [1]. У такій предметній області процес постійного адміністрування та ручного переналаштування параметрів мережеских адаптерів на кінцевих вузлах стає рутинною задачею, що не лише забирає робочий час, але й створює ризики виникнення конфліктів у мережі через людський фактор.

Аналіз проблеми та архітектура системи

Незважаючи на постійне вдосконалення операційних систем сімейства Windows (зокрема Windows 10 та 11), штатні засоби керування мережевими підключеннями залишаються вкрай фрагментованими та незручними для швидкого використання. Класичний аплет панелі керування вимагає від користувача виконання глибокої багатокрокової навігації по меню для доступу до вікна властивостей протоколу IPv4. Новий інтерфейс «Параметри» приховує важливі технічні деталі, необхідні для діагностики. Альтернативний підхід з використанням консольних утиліт, таких як netsh або командлетів PowerShell, забезпечує швидкість, проте вимагає прав адміністратора та глибокого знання синтаксису команд, що робить його недоступним для рядових користувачів. Сторонні комерційні рішення на ринку, такі як NetSetMan, вирішують частину цих проблем, але часто є перевантаженими надлишковим функціоналом, споживають зайві системні ресурси через фонові служби та мають суворі ліцензійні обмеження для корпоративного використання.

Усе вищезазначене формує гостру необхідність створення спеціалізованого, безкоштовного та легкого програмного забезпечення, яке б функціонувало як єдиний центр керування мережею. Розробка такого застосунку дозволить візуалізувати приховані апаратні параметри (MAC-адресу, реальну швидкість лінійного підключення, статус середовища) та об'єднати їх із засобами керування логічними налаштуваннями (IP, маска підмережі, шлюз) в одному інтуїтивно зрозумілому вікні.

Для розв'язання поставленої задачі було спроектовано систему, архітектура якої базується на принципах модульності та об'єктно-орієнтованого підходу. Програмний комплекс чітко розділено на шар графічного представлення (Presentation Layer) та шар бізнес-логіки (Business Logic Layer). Графічний інтерфейс, побудований на базі технології Windows Forms, відповідає виключно за взаємодію з користувачем та сувору валідацію вхідних даних (наприклад, перевірку правильності формату IPv4 та блокування недопустимих символів). Ядром системи є керуючий клас-фасад NETAdapter, який отримує валідовані дані від інтерфейсу і бере на себе всю відповідальність за безпечне формування системних викликів. Такий архітектурний поділ гарантує, що помилки користувацького введення не призведуть до збоїв на рівні драйверів обладнання.

Технічна реалізація системи виконана мовою C++/CLI, вибір якої обґрунтований необхідністю безшовної інтеграції керованого коду платформи .NET із некерованими викликами Win32 API в межах одного проєкту. В якості основного інструменту для зчитування та модифікації конфігурації обрано технологію Windows Management Instrumentation (WMI), доступ до якої реалізовано через простір імен System.Management [2]. На відміну від прямого редагування системного реєстру, WMI забезпечує транзакційний підхід та гарантує, що операційна система коректно застосує нові налаштування без необхідності перезавантаження. Для збору телеметрії

обладнання програма використовує WQL-запити до сучасного класу MSFT_NetAdapter, а для модифікації параметрів маршрутизації та адресації – методи EnableStatic і SetGateways класу Win32_NetworkAdapterConfiguration [2]. Крім того, для повноцінної підтримки бездротових технологій, які не повністю покриваються можливостями WMI, до системи інтегровано нативну бібліотеку Microsoft WLAN API (wlanapi.dll), що забезпечує функції сканування радіоефіру, визначення рівня сигналу та безпечну автентифікацію на Wi-Fi точках [3].

Висновки

Розробка запропонованих програмних модулів дозволить створити надійний інструмент для централізованого керування мережевими інтерфейсами, який позбавлений недоліків штатних засобів ОС. Впровадження цієї системи суттєво спростить процес первинної діагностики апаратних несправностей, автоматизує рутинні операції зміни профілів TCP/IP та знизить ризик виникнення мережних конфліктів. Використання комбінації WMI та WLAN API на базі C++/CLI забезпечує високу швидкість відгуку, стабільність роботи та повну сумісність із сучасними версіями ОС Windows.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] A. S. Tanenbaum, N. Feamster, and D. J. Wetherall, Computer Networks, 6th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2021.
- [2] Microsoft, “Windows Management Instrumentation (WMI),” Microsoft Learn. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/wmisdk/wmi-start-page>. [Accessed: Mar. 23, 2026].
- [3] Microsoft, “Native Wifi API,” Microsoft Learn. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/nativewifi/native-wifi-api-portal>. [Accessed: Mar. 23, 2026].

УДК 004.93'1

ІНТЕГРАЦІЯ WEBAR-ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІГРОВИХ МЕХАНІК ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО НАВІГАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

ЗІНІН М., ВЛАСОВА К., ВЛАСОВА М., ЛИТВИН А. (crabgmvs@gmail.com)
Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті (Україна)

У роботі досліджено підхід до гейміфікації процесів орієнтування у фізичному просторі за допомогою технологій доповненої реальності (WebAR). Проаналізовано можливість перетворення класичного розкладу та карти приміщень на інтерактивну квест-систему. Запропоновано концепцію застосування ігрових механік, таких як система досягнень, просторові загадки та тайм-менеджмент квести, інтегрованих у середовище навчального закладу. Спроектовано архітектуру системи навігації, яка працює безпосередньо через мобільний браузер. Результати підтверджують, що використання просторових AR-маркерів у поєднанні з елементами геймдизайну підвищує рівень залученості аудиторії та перетворює процес орієнтування на ігровий досвід.

Постановка проблеми

Традиційні підходи до навігації у великих будівлях часто викликають просторову дезорієнтацію. Стандартні мобільні додатки з картами не забезпечують інтерактивності та не стимулюють до дослідження локації. Актуальність роботи полягає у необхідності впровадження сучасних ігрових механік та AR у повсякденні процеси, що дозволить подолати бар'єр між фізичним і цифровим світом. Проблема полягає у розробці архітектурного рішення, яке б поєднало ігрову логіку розташування об'єктів із безшовною WebAR-навігацією без встановлення додаткового програмного забезпечення, зберігаючи високу продуктивність рендерингу на мобільних пристроях.

Перелік вирішених завдань

У ході роботи було проаналізовано сучасні ігрові механіки просторового орієнтування та їх вплив на поведінку користувачів. Порівняння гейміфікованої WebAR-системи з традиційними навігаційними підходами (табл. 1) підтвердило перевагу першої у питаннях залученості та мотивації. Розроблено концепт системи навігації, де навчальний розклад виступає у ролі журналу квестів, а аудиторії є цільовими локаціями. Спроековано архітектуру веб-додатка, що використовує маркерну технологію для позиціонування віртуальних об'єктів у реальному просторі.

Таблиця 1 – Порівняння традиційної навігації та гейміфікованої WebAR-системи

Критерій	Традиційні додатки-карти	WebAR квест-навігатор	Критерій
Рівень залученості	Низький (суто утилітарне використання)	Високий (ігровий інтерес, дослідження)	Рівень залученості
Встановлення ПЗ	Потребує завантаження додатка	Не потребує (працює у браузері)	Встановлення ПЗ
Інтерактивність	Статичний інтерфейс 2D	Динамічні 3D-моделі та AR-маркери	Інтерактивність
Мотивація користувача	Знайти локацію і закрити додаток	Отримати досягнення, відсканувати всі точки	Мотивація користувача

Виклад суті дослідження

Основою рішення є переосмислення розкладу через призму геймдизайну. Система працює на базі WebAR, що дозволяє взаємодіяти з доповненою реальністю через камеру браузера. Архітектура проекту побудована з використанням сучасного веб-стеку, де фронтенд частина відповідає за обробку відеопотоку, розпізнавання AR-маркерів та накладання 3D-графіки або 2D-інтерфейсів у режимі реального часу.

Ігрова складова реалізується через систему чекпоінтів та інтерактивних елементів. Спеціальні візуальні маркери, розміщені біля аудиторій та в ключових точках простору, виконують роль ігрових тригерів. Сканування такого маркера взаємодіє з профілем користувача, нараховує бали за вчасне прибуття на локацію або відкриває віртуальні предмети. Структура впроваджених ігрових механік та їхній вплив на користувача наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Елементи гейміфікації та їх реалізація в системі

Ігрова механіка	Реалізація через WebAR	Очікуваний поведінковий ефект
Система досягнень	Сканування прихованих AR-маркерів у нестандартних локаціях	Підвищення інтересу до вивчення всього простору закладу
Тайм-менеджмент	Відлік часу (HUD-таймер) до початку "квесту" (заняття)	Стимулювання пунктуальності та швидшого орієнтування
Колекціонування	Збір віртуальних елементів (беджів) на відвіданих локаціях	Регулярне повернення до використання системи

Для оптимізації взаємодії з камерою пристрою інтерфейс був спроектований у стилі мінімалістичного ігрового HUD, де відображається лише критично важлива інформація: таймер до початку наступної події, просторовий вказівник та поточний ігровий статус. Дані про локації підвантажуються динамічно, що дозволяє легко масштабувати гру-навігатор на нові простори без оновлення клієнтської частини.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує ефективність використання WebAR-технологій у синергії з ігровими механіками для вирішення завдань навігації. Перетворення рутинного процесу пошуку локації на інтерактивний квест з елементами винагороди значно підвищує мотивацію та залученість. Розроблений прототип веб-сервісу демонструє життєздатність концепції застосування

доповненої реальності без завантаження окремих додатків. Подальший розвиток проекту передбачає впровадження багатокористувацьких механік та створення систем рейтингів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. K. Kapp, "The Gamification of Learning and Instruction", Pfeiffer, 2012.
2. M. Billinghurst, A. Clark, and G. Lee, "A Survey of Augmented Reality," Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, vol. 8, no. 2-3, pp. 73-272, 2015.
3. J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, "Does Gamification Work? - A Literature Review of Empirical Studies on Gamification," in Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 3025-3034, 2014.

УДК: 004.94

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР

Казарин Д.А., Рисований О.М. (dmitriikdlyaurow@gmail.com, rysov81524@gmail.com)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м.Харків

У роботі розглянуто сучасні технології розробки комп'ютерних ігор як складової індустрії інформаційних технологій. Проаналізовано основні етапи створення ігрових продуктів, роль ігрових рушіїв, мов програмування та штучного інтелекту. Визначено перспективні напрями розвитку геймдеву з урахуванням мобільних платформ і новітніх апаратних можливостей.

Постановка проблеми. Сучасна індустрія комп'ютерних ігор є однією з найдинамічніших галузей інформаційних технологій. Вона поєднує програмування, комп'ютерну графіку, обробку даних у реальному часі, штучний інтелект та мультимедійні технології. Комп'ютерні ігри активно застосовуються не лише для розваг, але й у сфері освіти, моделювання, тренування навичок та комунікації.

Перелік вирішених питань. В роботі визначені основні етапи розробки комп'ютерних ігор, розглянуті поширені ігрові рушії, а також мови програмування у геймдеві. Крім того, приділено увагу використанню штучного інтелекту.

Виклад основного матеріалу. Проблемою сучасного геймдеву є зростаюча складність ігрових проєктів, що потребує ефективних інструментів розробки, оптимізації ресурсів та міждисциплінарного підходу. Для вирішення даної проблеми використовуються спеціалізовані ігрові рушії, сучасні мови програмування та алгоритми штучного інтелекту.

В роботі визначені основні етапи розробки комп'ютерних ігор: формування ідеї, геймдизайн, програмування, тестування та супровід продукту. На етапі проєктування визначаються основні механіки гри, структура рівнів та інтерфейс користувача. Програмна реалізація здійснюється з використанням ігрових рушіїв, які забезпечують обробку графіки, фізики, анімації та взаємодії з користувачем.

Серед найбільш поширених ігрових рушіїв слід виділити Unity, Unreal Engine та Godot. Unity широко застосовується для мобільних та інді-проєктів. Unreal Engine використовується для високобюджетних ігор з реалістичною графікою. Godot – є перспективним відкритим рушієм для навчальних та експериментальних проєктів. Основними мовами програмування у геймдеві є C#, C++ та Python.

C++ має максимальну продуктивність і доступ до пам'яті на низькому рівні та використовується для створення високобюджетних ігор.

C# має простіший синтаксис порівняно з C++ та високу швидкість написання коду та частіше використовується на мобільному ринку.

Python та Lua – це мови сценаріїв (Scripting). Їх рідко використовують як основні для графічного ядра, але вони незамінні для логіки.

Важливу роль у сучасних комп'ютерних іграх відіграє штучний інтелект. Він використовується для керування неігровими персонажами, реалізації поведінкових моделей,

навігації та прийняття рішень. Застосування алгоритмів машинного навчання дозволяє створювати адаптивні ігрові системи, що реагують на дії користувача.

Незважаючи на стрімкий прогрес, технології розробки ігор стикаються з низкою серйозних бар'єрів. Ці проблеми охоплюють як технічні аспекти (продуктивність, складність рушіїв), так і економічні та етичні виклики.

Головна проблема сьогодні – це баланс між технологічними інноваціями та економічною стійкістю. Розробники змушені обирати між ризиком створення наддорогого продукту та використанням безпечних, але застарілих рішень.

Безпека в онлайн-іграх – це «перегон озброєнь» між розробниками та зловмисниками. Сьогодні ця сфера охоплює три рівні: захист гравця, захист економіки та захист інфраструктури.

Безпека сьогодні зміщується у бік хмарного аналізу та машинного навчання, оскільки клієнтські програми (на ПК користувача) не можуть гарантувати 100% захисту.

Боротьба із читерством (Anti-Cheat) – головна технічна проблема. Традиційні античитити (Kernel-level, як Ricochet чи Vanguard) працюють на рівні ядра ОС, що викликає суперечки щодо приватності. Читерство – це використання методів, не передбачених правилами гри, для отримання несправедливої переваги.

АІ-читити є новим поколінням читів і використовують захоплення відеокарті і емуляцію миші через зовнішні пристрої. Вони не впроваджуються [1] в код гри, тому майже неможливо виявити старими методами.

Server-side захист – це аналіз поведінки гравця за допомогою нейромереж (наприклад, перевірка аномальної швидкості реакції або точності стрільби).

Висновок. В роботі розкриті основні складові сучасних технологій розробки комп'ютерних ігор та проблеми їх використання.

Перспективи розвитку комп'ютерних ігор пов'язані з використанням віртуальної та доповненої реальності, хмарних технологій, мобільних платформ та подальшим удосконаленням алгоритмів штучного інтелекту [2]. Це відкриває нові можливості для інтерактивної комунікації та освітніх застосувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рисований О.М. Реверсне програмування. Використання коду. Середовище програмування masm64: навчальний посібник для студентів спеціальностей 123 "Комп'ютерна інженерія", 125 "Кібербезпека" - Харків: "Слово", 2021.– 250 с. Доступно: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/70274>.

2. Рисований О.М. Алгоритми хешування в ігрових додатках. / Одеський національний технологічний університет // V всеукраїнська науково – технічна конференція «Комп'ютерні ігри і мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2025». 25-26 вересня 2025 р. м.Одеса. – С.121. Доступно: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/95683>.

УДК 004.9

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ СУБ'ЄКТІВ СФЕРИ ПОСЛУГ

КОЗОРИЗ Р. І. (roman.kozoriz0@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

У дослідженні розглянуто актуальні питання інформаційно-технологічного забезпечення та автоматизації бізнес-процесів на підприємствах сфери послуг. Обґрунтовано необхідність переходу від ручних методів управління до комплексних інформаційних систем для підвищення конкурентоспроможності. Проаналізовано архітектурні рішення, модульну структуру системи (CRM, розклад, облік, аналітика) та можливості інтеграції з хмарними сервісами через API. Доведено, що впровадження запропонованої моделі дозволяє оптимізувати операційну діяльність, мінімізувати вплив людського фактора та значно підвищити якість обслуговування клієнтів.

В умовах стрімкої цифровізації економіки ефективність функціонування підприємств сфери послуг безпосередньо залежить від швидкості реакції на запити клієнтів та якості наданого сервісу. На відміну від виробничої сфери, послуга є нематеріальною, а процеси її створення та споживання часто відбуваються одночасно. Це вимагає від підприємств високого рівня гнучкості та оперативності, що вкрай складно забезпечити за допомогою традиційних ручних методів управління інформаційними потоками. Використання розрізаних інструментів обліку неминує призводити до дублювання даних, виникнення інформаційної асиметрії та загального зниження операційної ефективності. З огляду на це, актуальність даного дослідження зумовлена об'єктивною необхідністю впровадження комплексних інформаційних систем, здатних системно оптимізувати операційну діяльність сервісних компаній [1].

Виходячи з окресленої проблематики, об'єктом дослідження виступають безпосередньо бізнес-процеси підприємств сфери послуг, тоді як предметом — інформаційно-технологічне забезпечення та методи їх комплексної автоматизації. Головною метою роботи є теоретичне обґрунтування концептуальних засад та практичне проектування архітектури сучасної інформаційної системи, призначеної для автоматизації ключових бізнес-процесів суб'єктів сфери послуг [2].

Переходу до безпосереднього проектування програмних рішень має передувати концептуальне розуміння того, що сучасне інформаційно-технологічне забезпечення сервісних підприємств еволюціонувало від ізольованих локальних програм до гнучких, інтегрованих екосистем. Успішна автоматизація сьогодні базується на здатності архітектури безшовно обробляти динамічні масиви даних та взаємодіяти з існуючими хмарними інфраструктурами для управління розкладами, створення документації чи візуалізації аналітики. З огляду на це, процес розробки вимагає комплексного підходу, який послідовно охоплює етапи від глибокого реінжинірингу предметної області до імплементації надійних патернів проектування та вибору оптимального технологічного стека.

Першим практичним етапом розробки інформаційно-технологічного забезпечення є формалізація та глибокий аналіз існуючих бізнес-процесів [3]. Застосування сучасних методологій моделювання, таких як нотація BPMN або мова UML, дозволяє створити об'єктивні моделі поточного стану процесів компанії [4-5]. Це критично важливо для виявлення системних недоліків, зокрема втрат робочого часу на узгодження графіків обслуговування, помилок під час ручного розрахунку вартості послуг та відсутності ефективних каналів зворотного зв'язку з клієнтами. На основі виявлених проблем проектується оптимізована цільова модель, яка стає алгоритмічним фундаментом для побудови логіки майбутньої інформаційної системи.

Для забезпечення належного рівня масштабованості та відмовостійкості архітектуру системи доцільно будувати на базі хмарних або багаторівневих клієнт-серверних рішень. Функціональне наповнення такої системи має охоплювати кілька ключових інтегрованих модулів. Ядром виступає підсистема управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM), яка забезпечує централізоване ведення клієнтської бази, сегментацію аудиторії та управління програмами лояльності. Важливими складовими також є модуль управління розкладом та бронюванням, що автоматизує розподіл робочого часу персоналу, та фінансово-обліковий модуль, відповідальний за генерацію розрахункових документів, контроль залишків матеріалів і нарахування заробітної плати. Окреме місце займає аналітичний інструментарій для динамічного формування управлінської звітності щодо ключових показників ефективності підприємства.

Сучасна парадигма розробки програмного забезпечення у сфері послуг передбачає активне використання прикладних програмних інтерфейсів (API) для інтеграції з уже існуючими хмарними екосистемами, що суттєво знижує вартість та тривалість імплементації. Замість створення ізольованих рішень з нуля, розроблювана система повинна взаємодіяти з перевіреними платформами: синхронізувати графіки роботи через популярні календарні сервіси, формувати складні аналітичні дашборди за допомогою API електронних таблиць та забезпечувати швидке проведення транзакцій через інтегровані платіжні шлюзи.

Оскільки функціонування подібних систем неминує пов'язане з обробкою значних масивів персональних даних клієнтів та конфіденційної комерційної інформації, критичним аспектом розробки є гарантування інформаційної безпеки. Надійний захист досягається шляхом реалізації ролівої моделі управління доступом (RBAC), яка програмно розмежовує повноваження адміністраторів, лінійного персоналу та вищого керівництва. Додатковою і обов'язковою вимогою

є імплементація сучасних криптографічних алгоритмів для шифрування даних як під час їх передачі мережею, так і під час зберігання на серверах.

У підсумку варто наголосити: перехід підприємств сфери послуг на комплексні інформаційні системи є не лише технологічною необхідністю, а й головною умовою їхнього закріплення на ринку. Завдяки автоматизації вдається повністю трансформувати рутинні операції, мінімізувати вплив людського фактора та спрямувати ресурси на покращення клієнтського досвіду. Наявність інтегрованого цифрового середовища також гарантує керівництву стовідсоткову прозорість бізнесу. Отримуючи достовірну інформацію в реальному часі, менеджмент отримує змогу оперативно реагувати на виклики, планувати стратегію та безпечно нарощувати обсяги діяльності компанії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Демиденко В. В. Управління бізнес-процесами як складова процесного підходу до управління підприємством. Ефективна економіка, 2015. № 11. [Електронний ресурс]: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4517>.
2. Пономаренко В. С., Журавльова І. В., Латишева Л. А. Інформаційні системи в управлінні підприємством: підручник. Харків: ХНЕУ, 2012. 468 с.
3. Павлюк Л. В., Оксенюк К. І. Теоретичні основи дослідження бізнес-процесів на підприємстві. Економічний форум, 2017. № 4. С. 148–151.
4. Weske M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. 3rd ed. Berlin: Springer, 2019. 417 p.
5. Корзаченко О. В. Моделювання бізнес-процесів підприємств: методології, підходи та методи. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія "Економічні науки", 2015. Вип. 10 (2). С. 138–142.

УДК 004.9

MDI - ТЕХНОЛОГІЯ ЯК ЗАСІБ ОРГАНІЗАЦІЇ БАГАТОВІКОННОГО ІНТЕРФЕЙСУ

КОМАР Ю.М. (komarula89@gmail.com)

Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди

У роботі розглянуто особливості технології Multiple Document Interface (MDI) як засобу організації багатовіконного інтерфейсу користувача. Проаналізовано еволюцію інтерфейсів користувача, визначено роль графічного інтерфейсу в сучасному програмному забезпеченні та охарактеризовано архітектуру MDI-додатків. Визначено переваги й недоліки технології MDI, а також основні напрями її використання у прикладному програмному забезпеченні та освітніх системах.

Сучасний розвиток програмного забезпечення нерозривно пов'язаний із удосконаленням інтерфейсів користувача. Саме інтерфейс визначає ефективність взаємодії людини з програмною системою, забезпечує зручність використання та впливає на продуктивність роботи користувача. Розвиток інтерфейсних технологій пройшов шлях від командних систем до сучасних графічних інтерфейсів, орієнтованих на принципи доступності, ергономічності та інтуїтивної зрозумілості. Інтерфейс користувача (User Interface, UI) являє собою сукупність засобів і методів взаємодії людини з програмним забезпеченням. Його основним завданням є забезпечення зручного доступу до функціональних можливостей системи, мінімізація когнітивного навантаження та створення ефективного робочого середовища. У сучасних умовах особливого значення набувають принципи консистентності, зворотного зв'язку, простоти використання та доступності інтерфейсу для різних категорій користувачів. Зі зростанням складності програмних систем виникла необхідність організації одночасної роботи з кількома документами або інформаційними об'єктами. Одним із рішень цієї проблеми стала технологія Multiple Document Interface (MDI), яка забезпечує роботу декількох дочірніх вікон у межах одного головного вікна програми. Такий підхід дозволяє

користувачеві відкривати, редагувати та аналізувати кілька документів одночасно без запуску декількох екземплярів застосунку [1].

Архітектура MDI-додатка базується на взаємодії двох основних компонентів: батьківського (MDI Parent) та дочірніх (MDI Child) вікон. Головне вікно виконує функції керування робочим середовищем, містить меню, панелі інструментів і засоби навігації, тоді як дочірні вікна забезпечують роботу з окремими документами або робочими областями. Однією з ключових переваг MDI є підтримка багатозадачності та централізоване керування відкритими документами. Важливою особливістю MDI є можливість організації робочого простору різними способами: каскадним розташуванням вікон, горизонтальним або вертикальним поділом, автоматичним компонованням. Це дозволяє адаптувати інтерфейс до індивідуальних потреб користувача та забезпечує швидкий доступ до необхідної інформації. Завдяки цьому технологія MDI широко використовується у текстових редакторах, інтегрованих середовищах розробки, графічних редакторах і системах керування базами даних. Застосування MDI-технології має важливе значення й у сфері освіти, зокрема під час підготовки майбутніх фахівців з інформатики. Використання багатовіконних інтерфейсів дозволяє ефективно організовувати роботу з навчальними матеріалами, програмним кодом, базами даних та іншими цифровими ресурсами. Реалізація MDI-додатків сприяє формуванню навичок проєктування програмних систем, розвитку алгоритмічного мислення та засвоєнню принципів побудови сучасних графічних інтерфейсів [2].

Наведений нижче фрагмент демонструє базовий принцип реалізації технології Multiple Document Interface (MDI) у середовищі Windows Studio мовою C#. Головна форма виступає контейнером для дочірніх вікон, кожне з яких містить окрему робочу область для редагування тексту.

```

1 reference
private void CreateChildWindow()
{
    Form child = new Form();

    child.MdiParent = this;

    child.Text = "MDI документ";

    RichTextBox editor = new RichTextBox();
    editor.Dock = DockStyle.Fill;

    child.Controls.Add(editor);

    child.Show();
}

0 references
private void newToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    CreateChildWindow();
}

```

Рис. 1 – Фрагмент програмної реалізації MDI-додатка

У наведеному фрагменті коду реалізовано базову архітектуру MDI-додатка. Головна форма Form1 конфігурується як MDI-контейнер шляхом встановлення властивості `IsMdiContainer = true`, що забезпечує можливість розміщення дочірніх вікон у межах єдиного інтерфейсного середовища. Метод `CreateChildWindow()` відповідає за динамічне створення дочірнього вікна, яке інкапсулює окремий екземпляр робочого документа. Встановлення властивості `MdiParent` забезпечує включення створеного вікна до ієрархії MDI-додатка. Для організації введення та редагування текстової інформації використовується компонент `RichTextBox`, який займає всю площу дочірнього вікна завдяки властивості `Dock = DockStyle.Fill`. Ініціалізація створення нового документа здійснюється через елемент меню, що відображає подієво-орієнтований характер взаємодії користувача з інтерфейсом [3].

Попри значні переваги, технологія MDI має певні недоліки. Велика кількість відкритих дочірніх вікон може призводити до перевантаження інтерфейсу та ускладнювати навігацію. Саме тому сучасні програмні системи часто використовують вкладкові інтерфейси (Tabbed Interface), які

є модифікованою формою багатодокументної організації робочого простору. Однак основні принципи MDI залишаються актуальними та використовуються у багатьох сучасних програмних продуктах.

Таким чином, технологія Multiple Document Interface є важливим етапом розвитку графічних інтерфейсів користувача та ефективним засобом організації багатовіконного робочого середовища. Її використання забезпечує структурованість програмного середовища, підтримку багатозадачності та зручне керування документами, що робить MDI важливим інструментом розробки сучасного прикладного програмного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] B. Shneiderman and C. Plaisant, Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2016.
- [2] A. Dix, J. Finlay, G. Abowd, and R. Beale, Human-Computer Interaction. Harlow, UK: Pearson, 2004.
- [3] Microsoft Learn, "Multiple Document Interface (MDI) Applications in Windows Forms." [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/dotnet/desktop/winforms/advanced/multiple-document-interface-mdi-applications>. [Accessed: 10 May 2026].

УДК 004.946:159.922.7

ДЕКОНСТРУКЦІЯ ОБРАЗУ ГЕРОЯ В ІНДІ-ГРАХ: ПОДОЛАННЯ СОЦІАЛЬНОЇ СТИГМАЦІЇ ТА БУЛІНГУ ЧЕРЕЗ ІГРОВІ МЕХАНІКИ

КОПИЛОВ Т.Є. (kopylovtim@gmail.com)
Games Gathering Conference

У роботі розглядається концепція інді-гри у жанрі ізометричного шутера, де протагоністом виступає 15-річний підліток – жертва соціальної ізоляції та булінгу, наділений низкою фізичних обмежень (астма, ожиріння, поганий зір), що є свідомою деконструкцією класичного канону «ідеального героя». Наукова новизна дослідження полягає у вивченні механізмів емпатії та соціальної терапії через ігровий досвід: вразливість персонажа трансформується у джерело внутрішньої сили, здатної протистояти загрозі, котра втілена у метафоричній системі «монстрів з їжі». Доведено, що подолання значних ігрових перешкод таким персонажем посилює емоційний відгук та забезпечує глибоку інклюзивність, перетворюючи гру на інструмент подолання соціальної стигми та наслідків споживацького тиску.

Постановка проблеми

У сучасному геймдизайні домінує концепція «ідеального героя», що створює бар'єр для гравців, які не відповідають стандартам фізичної досконалості. Згідно з даними ЮНЕСКО, майже 32% підлітків у світі регулярно стикаються з булінгом [1]. Ця проблема та соціальний тиск на так званих «задротів» (geek culture) й досі залишається гострою. Постійне транслювання образу «надлюдини» у медіа посилює відчуття меншовартості у вразливих груп населення. На думку автора дослідження, існує потреба в іграх, які б ревалідували (підтверджували цінність) таких особистостей, показуючи, що внутрішня воля, інтелект та креативність важливіші за фізичну силу чи привабливу зовнішність.

Мета дослідження

Метою даної роботи є деконструкція традиційного образу «сильного протагоніста» та обґрунтування концепції «вразливого героя» як інструменту соціальної інклюзії. Дослідження спрямоване на виявлення того, як обмеження фізичних характеристик персонажа та використання метафоричних антагоністів («монстрів з їжі») впливають на формування психологічної стійкості

(resilience) гравця та максимізацію емоційного відгуку за методикою «4 Keys 2 Fun» - Ніколь Лаззаро [2].

Перелік вирішених завдань:

1. Аналіз механізму емоційного залучення гравця за моделлю «4 Keys 2 Fun» у контексті вразливого протагоніста.
2. Розробка концепції ігрових механік (обмежена витривалість, вплив дієти), що інтегрують фізичні обмеження героя у геймплей.
3. Створення метафоричної системи антагоністів («монстри з їжі») як інструмент психологічного відіграшу.
4. Оцінка потенціалу гри як засобу соціальної терапії та інклюзії.
5. Обґрунтування ролі інклюзивного геймдизайну у процесах соціальної ревалідації підлітків.

Виклад суті дослідження

Запропонований проєкт базується на деконструкції традиційного образу «сильного протагоніста». Головний герой - 15-річний підліток із хронічними захворюваннями (астма, поганий зір, ожиріння), що безпосередньо впливає на геймплей. Аналіз механік проводиться за методологією «4 Keys 2 Fun» (Рис. 1), що дозволяє систематизувати емоційні реакції гравця.

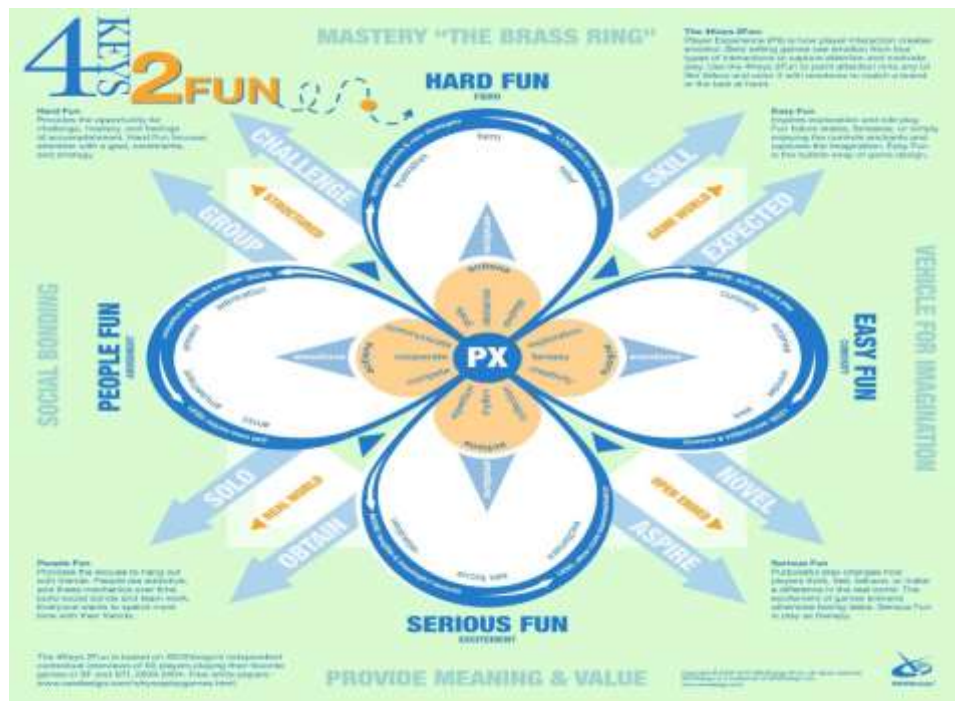


Рис. 1 – Модель «4 Keys 2 Fun» Ніколь Лаззаро

У контексті дослідження кожна «пелюстка» моделі розкривається через вразливість персонажа:

1. **Hard Fun:** Обмежена витривалість героя створює високий рівень перешкод. Згідно з моделлю, подолання складних викликів інтелектуальним шляхом генерує найбільш інтенсивну емоцію тріумфу.

2. **Serious Fun:** Використання гри як терапії. Механіка споживання «корисної» їжі після перемоги над монстрами вчить гравця контролю над власним станом, що критично для реабілітації жертв булінгу.

3. **Easy Fun:** Вразливість стимулює пошук нестандартних рішень та дослідження ігрового світу, що підживлює цікавість та фантазію.

4. People Fun: Наративне залучення через порятунок близьких та друзів формує стійкі емоційні зв'язки та відчуття належності до спільноти.

Боротьба з «монстрами з їжі» виступає метафорою протистояння внутрішнім страхам та зовнішнім споживацьким стандартам. Такий підхід дозволяє гравцеві пройти шлях від соціальної ізоляції до визнання власної цінності.

Опис ігрових механік та сюжетного наповнення

Протагоніст та інклюзивність: Головний герой має обмеження за станом здоров'я, що відображається на геймплеї (наприклад, обмежена витривалість або специфічні потреби в ресурсах - спеціалізована дієта котра покращує загальне фізичне здоров'я головного героя). Це змушує гравця шукати «дивні» та нестандартні способи боротьби з ворогами, замість прямолінійної агресії.

Антагоністи (Монстри з їжі): Вибір таких ворогів є метафорою на внутрішні виклики та нав'язані споживацькі стандарти. Боротьба з ними у динамічному ізометричному шутері перетворює процес «лікування» або «виправлення ситуації» на захопливу дію. Загальний фізичний стан на пряму залежить від обраного способу знищення монстрів у грі. Після правильних комбінацій способу та зброї головний герой буде отримувати їжу з монстрів та споживати її аби мати можливість продовжувати гру. Поділ на так звану корисну та некорисну їжу відразу наочно показує вплив на стан організму головного героя.

Соціальний контекст: Сюжет акцентує увагу на тому, що саме «непомітний» підліток у критичний момент виявляє найбільшу стійкість (resilience), рятуючи ліс від пожежі та захищаючи близьких.

Методологічна база

Проект базується на 12-річному досвіді автора у сфері сюжетно-рольових ігор (LARP), управлінні великими геймдев-подіями (Games Gathering Conference) та автоетнографічному елементі, а саме використання особистого рефлексивного досвіду подолання соціальної ізоляції та булінгу. Цей досвід залучено для автентичності наративу та точності у моделюванні емоційних станів вразливого протагоніста.

Висновки

Використання ігор із рейтингом «Р» (для підлітків та дорослих) дозволяє піднімати складні теми булінгу та самоідентифікації без надмірної дидактичності. Даний проект демонструє, що ігрова індустрія може бути інструментом соціальної терапії, допомагаючи гравцям подолати власні страхи та відчуття соціальної ізоляції через ідентифікацію з вразливим, але вольовим героєм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. UNESCO, "Behind the numbers: Ending school violence and bullying," UNESCO Digital Library, 2019. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366483>

2. N. Lazzaro, "Why We Play Games: The Four Keys to More Emotion in Player Experiences," GDC Vault, 2015. [Online]. Available: <https://gdcvault.com/play/1022908/Why-We-Play-Games-The>

УДК 004.042

ВИКОРИСТАННЯ ФІЗИКИ У UNITY ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГЕЙМПЛЕЙНОГО РІЗНОМАНІТТЯ У ІГРАХ ПЛАТФОРМЕРАХ

КРИВЧЕНКО А.А. (Nastya.otk.2014@gmail.com),

ДЖАБРАІЛОВ Д.В. (otfkontu@gmail.com), ЗАЛАПІН О.І.

Відокремлений структурний підрозділ «Одеський технічний фаховий коледж
Одеського національного технологічного університету»

У представленій роботі розглянуто використання фізики у Unity для створення геймплейного різноманіття у іграх-платформерах. На основі матеріалів проєкту 3DBallz

визначено роль фізичного ядра рушія, принципи побудови рівнів, взаємодію сфери гравця з поверхнями та способи впливу фізичних параметрів на складність проходження.

Для досягнення поставленої мети проаналізовано створення 3D-гри у середовищі Unity з використанням мови програмування C# та інтегрованого середовища Visual Studio. Основу геймплею становить керування сферою, що переміщується по платформах, долає прірви, використовує стрибки та взаємодіє з різними типами фізичних поверхонь.

У процесі роботи особливу увагу приділено модульній архітектурі проєкту, налаштуванню компонентів Rigidbody, Collider і Physic Material, а також створенню активних платформ, які змінюють поведінку гравця. Саме ці елементи дозволяють перетворити базове переміщення у набір різноманітних ігрових ситуацій.

В основі розроблюваного підходу лежить жанр платформер, у якому ключову роль відіграють переміщення, точність керування, стрибки та взаємодія з рівнем. На відміну від простого руху по статичній сцені, фізика дає змогу створювати поведінку, що залежить від маси об'єкта, сили, гравітації, тертя, пружності та форми колайдерів.

Концепція гри 3DBallz передбачає проходження рівнів сферою, яка має змогу рухатися у горизонтальній площині та виконувати стрибки у вертикальній площині. Ігровий простір складається з платформ різних форм, води або прірв, а також активних ділянок, які можуть відновлювати чи зменшувати енергію гравця.

Керування реалізується за допомогою клавіатури: кнопки руху задають напрямок прикладання сили до сфери, а окрема клавіша відповідає за стрибок. Через це гравець не просто переміщує об'єкт по координатах, а взаємодіє з фізичною моделлю, де інерція і властивості поверхні впливають на результат дії.

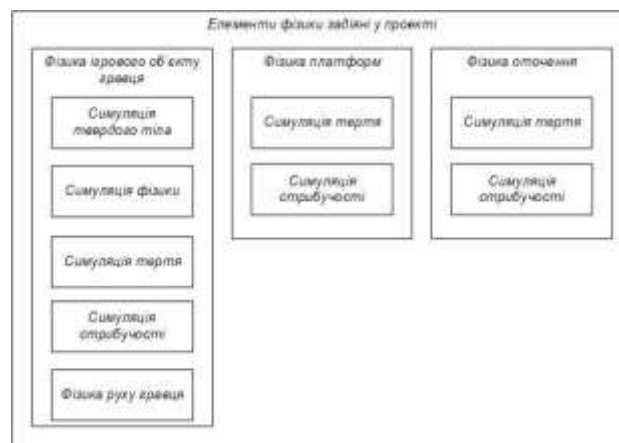


Рис. 1 – Елементи фізики, задіяні у створенні геймплейного різноманіття

Фізична система Unity у проєкті поділяється на три основні групи: фізику ігрового об'єкта гравця, фізику платформ та фізику оточення. Для сфери гравця важливими є симуляція твердого тіла, гравітація, зіткнення, тертя, стрибучість і рух через прикладання сили. Для платформ та оточення основним завданням стає налаштування поверхонь, які змінюють відчуття керування.

Компонент Rigidbody забезпечує обробку сили, маси, інерції та гравітації. Завдяки цьому сфера рухається природно, реагує на нахили рівня, прискорення, контакт з іншими об'єктами та падіння. Компонент Collider задає фізичні межі об'єкта, тому без нього зіткнення та тригерні взаємодії не працювали б коректно.

Окремим елементом є фізичні матеріали, які прив'язуються до колайдерів і визначають параметри динамічного тертя, статичного тертя та стрибучості. Саме за допомогою таких матеріалів можна створювати слизькі, липкі, пружні або майже нерухомі поверхні, не змінюючи загальної логіки сцени.

Проєкт реалізовано на основі взаємодії кількох модулів. Модуль гравця містить код параметрів, код руху та код камери. Параметри відповідають за швидкість, силу стрибка й запас енергії; рух обробляє введення користувача та додає силу до Rigidbody; камера змінює кут огляду і впливає на те, як напрямки керування інтерпретуються під час гри.

Модуль платформ відповідає за активні ділянки рівня: вихід з локації, збільшення енергії та зменшення енергії. Кожна така платформа може мати власний фізичний матеріал, візуальний матеріал і скрипт з коефіцієнтом впливу. Це дає змогу створювати варіативні ситуації без повної перебудови рівня.

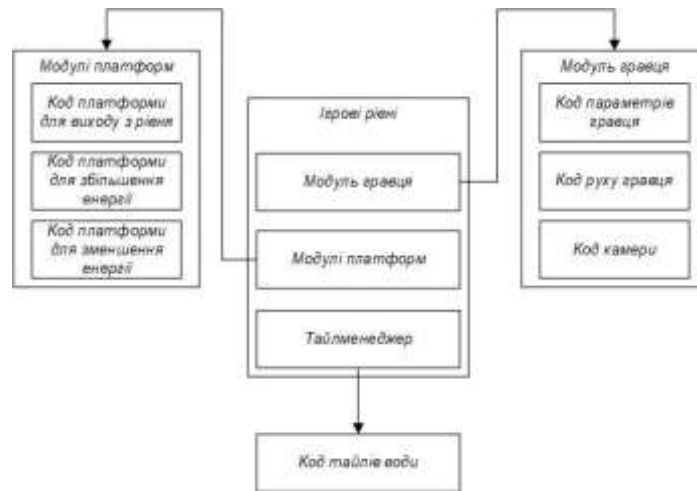


Рис. 2 – Схема взаємодії модулів ігрового рівня у проєкті 3DBallz

Тайлменеджер і логіка води використовуються для створення небезпечних зон. Якщо сфера потрапляє у воду або за межі безпечної платформи, гравець повертається на початок рівня. Завдяки цьому фізика поєднується з правилами проходження: слизькі краї біля води, вузькі переходи та стрибки над прірвами формують реальний виклик.

Розробка здійснювалася у середовищі Unity, а програмна логіка створювалася мовою C#. Для редагування графічних матеріалів застосовувався Adobe Photoshop. Рівні будувалися з префабів і тайлів, що дозволяє швидко змінювати структуру локації, повторно використовувати готові елементи та масштабувати проєкт.

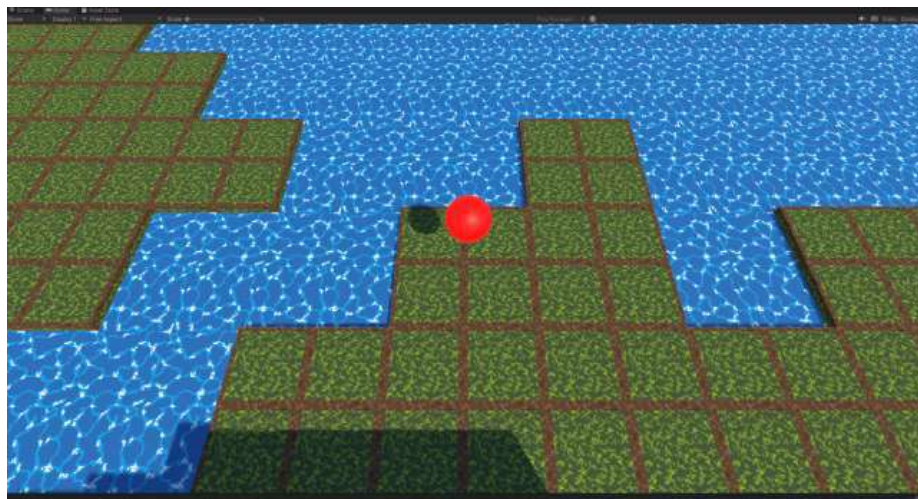


Рис. 3 – Приклад тестування рівня з фізичними поверхнями та перешкодами

Геймплейне різноманіття досягається не кількістю окремих правил, а комбінацією фізичних властивостей. Наприклад, слизькі платформи біля води змушують гравця обережніше контролювати швидкість, пружні ділянки можуть підкидати сферу та відкривати нові маршрути, а платформи зі зменшенням енергії створюють відчуття небезпечних зон, з яких важко вибратися.

Енергетична система доповнює фізичну модель. Стрибок можливий лише за наявності достатнього запасу енергії, після чого ресурс зменшується, а з часом може відновлюватися. Фізичні операції доцільно виконувати у FixedUpdate, тому переміщення сфери через AddForce

відбувається зі стабільною частотою симуляції.

Під час тестування у Unity перевірялась працездатність механік, переходи між рівнями, поведінка колайдерів, реакція води та робота камери. Було встановлено, що навіть незначне налаштування тригерного колайдера або режиму камери суттєво впливає на комфорт керування. У перспективі до проєкту можна додати брудні поверхні, динамічну стрибучість, відштовхувальні платформи або генерацію рівнів.

Висновки: У результаті було показано, що фізичне ядро Unity є ефективним інструментом для урізноманітнення ігор-платформерів. Поєднання Rigidbody, Collider, фізичних матеріалів, активних платформ і енергетичної системи дозволяє створювати зрозумілі, але різноманітні механіки проходження.

Розробка на основі Unity та C# підтвердила доцільність модульного підходу. Кожний елемент може змінювати поведінку гравця окремо, а разом вони формують цілісну систему рівня, де складність виникає з взаємодії поверхонь, камери, фізичного руху та правил втрати або відновлення енергії. Таким чином, фізика у Unity дає змогу не тільки імітувати реалістичний рух, але й проєктувати повноцінне геймплейне різноманіття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевчук В.В. Основи програмування мовою C++. Навчальний посібник. – Київ: Каравела, 2020. – 312 с.
2. Скибицький О.М. Алгоритми та структури даних. – Львів: Новий Світ, 2018. – 256 с.
3. Яворський Б.М. Об'єктно-орієнтоване програмування. – Харків: Фоліо, 2021. – 398 с.
4. Кузьменко С.П. Розробка ігор мовою C++. – Дніпро: Акцент, 2022. – 345 с.

УДК 004.42

ВИКОРИСТАННЯ ПОЛЯРНИХ СИСТЕМ КООРДИНАТ ДЛЯ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ КОСМІЧНИХ СТРУКТУР

КУДРЯВЦЕВ А. В. (extosis.vt@gmail.com),
ЧНУ ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

У роботі розглянуто особливості застосування полярної, циліндричної та сферичної систем координат у задачах процедурної генерації космічних структур. Проаналізовано проблеми використання декартової системи координат під час моделювання спіральних та сферичних галактик. Показано, що навіть у декартовому просторі алгоритми генерації змушені використовувати обчислення радіуса, кутів та відстані до центру, що фактично призводить до використання елементів альтернативних систем координат. Визначено переваги полярної, циліндричної та сферичної систем координат для опису радіально-симетричних та осьових структур. Обґрунтовано доцільність їх застосування для спрощення математичних моделей, зменшення складності алгоритмів та підвищення природності генерованого медіаконтенту.

Алгоритми процедурної генерації – це вид комп'ютерних алгоритмів, який автоматично генерує контент в режимі реального часу відповідно до встановлених правил, коефіцієнтів та обмежень [1-2]. Одна з ключових переваг процедурної генерації – це скорочення витрат розробки різних комерційних продуктів. В ігровій індустрії процедурна генерація піднімає дизайн на новий рівень і покращує ключові ігрові системи.

Більшість класичних алгоритмів процедурної генерації орієнтовані на використання декартової системи координат, що є зручним для побудови локальних двовимірних або тривимірних структур. Проте під час моделювання об'єктів із радіальною, осьювою або сферичною симетрією застосування декартових координат може призводити до появи небажаних артефактів, складності опису геометрії та збільшення обчислювальних витрат [3]. У таких випадках доцільним є використання альтернативних систем координат, зокрема полярної, циліндричної та сферичної.

Використання альтернативних систем координат у процедурній генерації дозволяє не лише спростити математичний опис окремих типів структур, а й підвищити рівень контролю над формою та характером генерованого контенту. Крім того, такий підхід можливо поєднувати з існуючими алгоритмами шуму, фрактальної генерації та стохастичної інтерполяції з урахуванням специфіки просторової геометрії об'єкта.

Метою роботи є дослідження доцільності використання полярної, циліндричної та сферичної систем координат у задачах процедурної генерації галактик. Для досягнення поставленої мети було виконано аналіз особливостей генерації сферичних та спіральних структур, досліджено залежність алгоритмів від обчислення радіуса та кутових параметрів, а також визначено переваги альтернативних систем координат у порівнянні з декартовою. Для наочного представлення результатів було розроблено алгоритми генерації сферичних та спіральних галактик.

Полярні системи координат дозволяють природним чином описувати двовимірні чи тривимірні структури з центральною симетрією, наприклад, циліндрична система координат ефективна для генерації галактик, тороїдальних структур, тунелів та інших об'єктів, що мають виражену осьову організацію.

Однією з характерних сфер застосування процедурної генерації є створення космічних структур, зокрема спіральних та сферичних галактик. Подібні об'єкти мають виражену радіальну та осьову симетрію, через що їх математичний опис у декартовій системі координат є недоцільним та неефективним. Під час побудови галактичних рукавів, зоряних скупчень або сферичних галактик алгоритми, реалізовані у декартовому просторі, все одно змушені виконувати додаткові обчислення радіуса, кута повороту та відстані до центру структури [4-5]. Фактично це призводить до неявного використання елементів полярної, циліндричної або сферичної систем координат навіть у тих випадках, коли базове представлення даних залишається декартовим.

Для генерації спіральних галактик зазвичай використовується залежність між радіусом та кутом обертання, що дозволяє формувати характерні галактичні рукави у вигляді логарифмічних або модифікованих спіралей. У декартовій системі координат така структура потребує постійного перетворення координат та складніших рівнянь для опису траєкторії зоряних об'єктів [6]. Натомість використання циліндричної або полярної систем координат дозволяє безпосередньо задавати розподіл точок через параметри радіуса, висоти та кута, що значно спрощує алгоритм генерації та підвищує рівень контролю над формою галактики, рис.1.

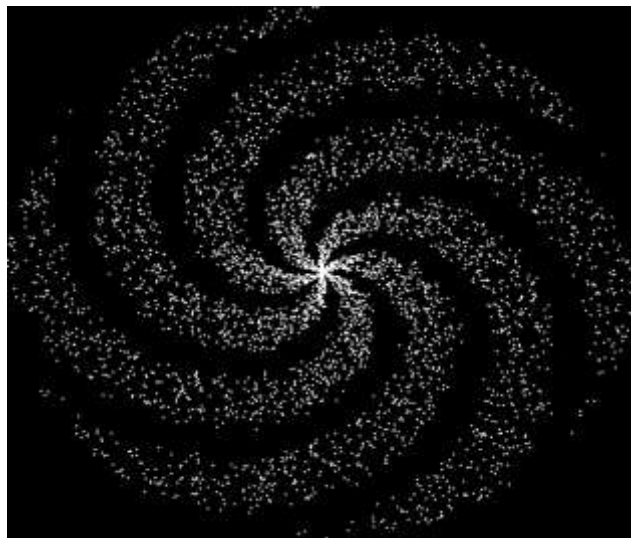


Рис. 1 – Приклад простого алгоритму побудови спіральної галактики.

Аналогічна ситуація спостерігається під час моделювання сферичних галактик або кульових зоряних скупчень. У декартовому просторі для створення рівномірного або керованого сферичного розподілу необхідно виконувати перевірки відстані до центру, нормалізацію векторів або використання сферичних функцій. Використання сферичної системи координат дозволяє

напряму працювати з радіусом та кутовими параметрами, що спрощує формування об'ємних структур і дозволяє уникнути частини геометричних спотворень, рис.2.

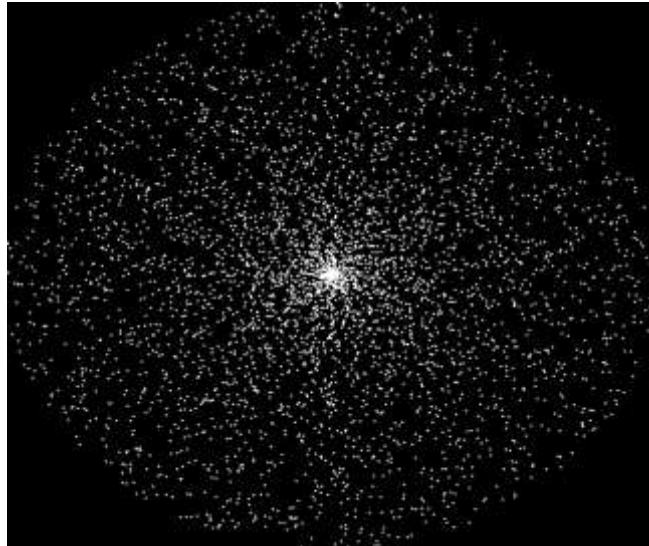


Рис. 2 – Приклад алгоритму генерації сферичної галактики.

Таким чином, застосування полярної, циліндричної та сферичної систем координат у задачах процедурної генерації галактик є не лише математично обґрунтованим, але й практично доцільним. Використання таких систем координат дозволяє скоротити складність алгоритмів, підвищити природність отриманих структур та забезпечити більш гнучке керування параметрами генерації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hossain I., Shen I., van Kaick O. Approximating Procedural Models of 3D Shapes with Neural Networks (NNProc), vol.44 (2), 2025. DOI: 10.1111/cgf.70024
2. Dajkhosh S. Utilizing WaveFunctionCollapse Algorithm for Procedural Generation of Terrains using Remotely Sensed Elevation Data, 2024 . DOI: arxiv.org/abs/2412.04688
3. Farrokhi Maleki, M., & Zhao, R. Procedural Content Generation in Games: A Survey with Insights on Emerging LLM Integration. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, 20(1), 167-178. 2024. DOI: 10.1609/aiide.v20i1.31877
4. Bulgakova O., Kudriavtsev A., Zosimov V., Pozdeev V. Algorithmic modifications in procedural generation systems. Системи керування та комп'ютери, 2019, № 3, с. 52-59. DOI: 10.15407/csc.2019.03.052
5. Kudriavtsev, A., Bulgakova, O. Procedural Recursive Algorithm of Generation Based on Triangles. In: Hu, Z., Yanovsky, F., Dychka, I., He, M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education VII. ICCSEEA 2024 2024. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 242. Springer, Cham. 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-84228-3_34
6. Кудрявцев, А. Методи контролю процедурної генерації рельєфів. Automation of Technological and Business Processes, 17(3), 104-114. 2025. DOI: 10.15673/atbp.v17i3.3261

УДК 004.5:004.93:623.746.5

СИСТЕМА ЖЕСТОВОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ СИМУЛЯТОРУ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРУ LEAP MOTION

НАБОКА В. Д. (xdazerenx@ukr.net), ШЕСТОПАЛОВ С. В. (sshestopalov1984@gmail.com)
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Запропоновано систему жестового управління симулятором БПЛА на основі сенсора Leap Motion, у якій ліва рука задає тангаж і крен, права – ристання та висоту, а службові операції

(армування, зміна режиму, скидання вантажу) виконуються комбінованими жестами обох рук. Розроблено математичну модель перетворення кутів нахилу кистей у нормовані сигнали управління, яка забезпечує інтуїтивне й лінійне пілотування.

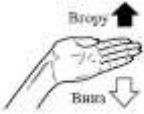
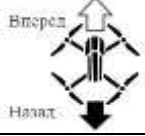
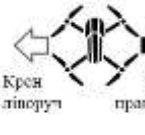
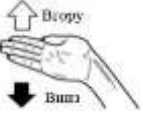
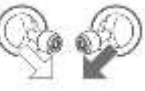
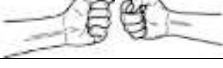
Симулятори БПЛА сьогодні не просто модні, а вкрай затребувані – для навчання операторів, військової підготовки та тестування алгоритмів. Зростають і вимоги до інтерактивності, адже від неї залежить якість отриманих навичок.

Водночас перелік пристроїв введення залишається вузьким і одноманітним: клавіатури, миші, геймпади, стандартні джойстики. Усі вони належать до одного класу механічних маніпуляторів і не дають бажаного розмаїття. На цьому тлі вигідно виділяються нестандартні рішення – наприклад, автомобільне кермо з педалями та зворотним зв'язком для гоночних симуляторів, яке кардинально змінює занурення, природність і точність управління.

Схожий прорив для безпілотної авіації може забезпечити сенсор Leap Motion. Це оптичний пристрій, що за допомогою інфрачервоних камер точно відстежує рухи пальців і долонь у просторі та будує тривимірну модель рук без жодних фізичних контролерів [1].

В роботі запропоновано систему жестового управління для симулятору БПЛА на базі Leap Motion, яка замінить традиційні джойстики природними рухами рук. Система базується на розподілі функцій між лівою та правою рукою оператора. Ліва рука відповідає за тангаж (нахил дрона вперед/назад) та крен (нахил ліворуч/праворуч). Права рука керує ризиканням (обертанням навколо вертикальної осі) та зміною висоти польоту. Додатково є три комбінованих жести обома руками для виконання службових операцій: запуск двигунів, зміна режиму польоту та скидання вантажу. Ця схема забезпечує повний контроль над усіма чотирма ступенями свободи квадрокоптера, аналогічно до стандартного пульта (табл. 1).

Таблиця 1 – Мапінг жестів Leap Motion для управління БПЛА

Кисть / Жест	Дія на пульті управління	Дія дрона
	Лівий стік 	
	Лівий стік 	
	Правий стік 	
	Правий стік 	
		Запуск двигунів (армування)
		Зміна режиму управління
	Перепрограмована функціональна кнопка пульта	Скидання вантажу

Розглянемо перетворення просторової орієнтації кистей рук, отриманої від сенсора Leap Motion, на нормовані сигнали управління БПЛА для чотирьох основних каналів: тангажу, крену, газу та ризикання. Орієнтація кожної кисті задається двома одиничними векторами:

напрямним вектором кисті $\vec{d}$, що вказує від зап'ястка в бік кінчиків пальців, та вектором нормалі до долоні $\vec{n}$, спрямованим назовні. Відносно вертикального напрямку $\vec{u} = (0, 1, 0)$ обчислюються два кути, які характеризують нахил кисті: тангажний кут θ (відхилення пальців від горизонтальної площини) та креновий кут φ (поворот кисті навколо осі).

Тангажний кут θ визначається через скалярний добуток векторів $\vec{d}$ та $\vec{u}$ за виразом:

$$\theta = 90 - \arccos(\vec{d} \cdot \vec{u}) \quad (1)$$

де $\vec{d}$ – вектор напрямлення кисті;

$\vec{u}$ – вектор вертикального напрямку вгору.

Додатне значення θ відповідає підняттю кисті вгору, а від'ємне – опусканню вниз.

Креновий кут φ обчислюється через проекції нормалі $\vec{n}$ та вектора $\vec{u}$ на площину, перпендикулярну до $\vec{d}$ за виразом:

$$\varphi = \text{sign}(\vec{n}_\perp \cdot \vec{r}) \cdot \arccos\left(\frac{\vec{n}_\perp \cdot \vec{u}_\perp}{|\vec{n}_\perp| \cdot |\vec{u}_\perp|}\right) \quad (2)$$

де $\vec{n}_\perp = \vec{n} - (\vec{n} \cdot \vec{d})\vec{d}$ – проекція нормалі на площину, перпендикулярну до $\vec{d}$;

$\vec{u}_\perp = \vec{u} - (\vec{u} \cdot \vec{d})\vec{d}$ – проекція вертикального вектора на площину, перпендикулярну до $\vec{d}$;

$\vec{r} = \vec{d} \times \vec{u}$ – бічний вектор, що задає додатний напрямок відліку крену.

Кут φ вказує, у який бік нахилена кисть відносно нейтрального положення, якщо значення додатне то кисть нахилена праворуч, а якщо від'ємне – ліворуч.

Для перетворення вимірюного кута α (може бути θ або φ) у нормований сигнал управління $s \in [-1, 1]$ запропоновано кусково-лінійну функцію з мертвою зоною та насиченням:

$$s(\alpha) = \begin{cases} -1, & a \leq a^-, \\ \frac{a - d^-}{a^- - d^-}, & a^- < a < d^-, \\ 0, & d^- \leq a \leq d^+, \\ \frac{a - d^+}{a^+ - d^+}, & d^+ < a < a^+, \\ 1, & a \geq a^+ \end{cases} \quad (3)$$

де α – вимірюваний кут (тангажу θ або крену φ), градуси;

d^-, d^+ – нижня та верхня межі мертвої зони, де сигнал управління дорівнює нулю, градус;

a^-, a^+ – граничні кути, що відповідають максимальному відхиленню стіка, градуси.

Далі наведено залежності для кожного з чотирьох каналів управління. Усі параметри визначено експериментально, виходячи з природних обмежень рухливості кистей та вимог щодо лінійності й комфортності управління.

Тангаж (pitch) формується за тангажним кутом (θ) кисті лівої руки. Позитивний сигнал викликає нахил дрона уперед (рух уперед), від'ємний – нахил дрона назад (рух назад). Сигнал pitch визначається як $-s(\theta)$, який обчислюється за системою:

$$pitch = -s(\theta) = \begin{cases} -1, & \theta \leq -30^\circ, \\ \frac{\theta + 30}{15}, & -30^\circ < \theta < -15^\circ, \\ 0, & -15^\circ \leq \theta \leq 45^\circ, \\ \frac{\theta - 45}{25}, & 45^\circ < \theta < 70^\circ, \\ 1, & \theta \geq 70^\circ \end{cases} \quad (4)$$

Крен (roll) визначається за креновим кутом (φ) кисті лівої руки. Негативний сигнал спричиняє нахил дрона ліворуч і рух уліво, позитивний – нахил праворуч і рух управо. Сигнал roll обчислюється як $s(\varphi)$ за системою:

$$roll = s(\varphi) = \begin{cases} -1, & \varphi \leq -150^\circ, \\ \frac{\varphi + 124}{-26}, & -150^\circ < \varphi < -124^\circ, \\ 0, & -124^\circ \leq \varphi \leq -72^\circ, \\ \frac{\varphi - 72}{22}, & -72^\circ < \varphi < -50^\circ, \\ 1, & \varphi \geq -50^\circ \end{cases} \quad (5)$$

Висота (throttle) регулюється тангажним кутом (θ) кисті правої руки. Додатний сигнал відповідає набору висоти дроном, а від'ємний – зниженню. Для обчислення сигналу throttle використовується система $s(\theta)$:

$$throttle = s(\theta) = \begin{cases} -1, & \theta \leq 20^\circ, \\ \frac{\theta - 30}{-10}, & 20^\circ < \theta < 30^\circ, \\ 0, & 30^\circ \leq \theta \leq 45^\circ, \\ \frac{\theta - 45}{25}, & 45^\circ < \theta < 70^\circ, \\ 1, & \theta \geq 70^\circ \end{cases} \quad (6)$$

Рискання (yaw) управляється креновим кутом (φ) кисті правої руки. Позитивний сигнал викликає обертання дрона за годинниковою стрілкою, негативний – проти. Сигнал yaw дорівнює значенню системи $s(\varphi)$:

$$yaw = s(\varphi) = \begin{cases} -1, & \varphi \leq 40^\circ, \\ \frac{\varphi - 70}{-30}, & 40^\circ < \varphi < 70^\circ, \\ 0, & 70^\circ \leq \varphi \leq 115^\circ, \\ \frac{\varphi - 115}{15}, & 115^\circ < \varphi < 130^\circ, \\ 1, & \varphi \geq 130^\circ \end{cases} \quad (7)$$

Окрім безперервного управління нахилами, система розпізнає три дискретні команди: запуск двигунів (обидві кисті вниз із зустрічними нахилами), зміна режиму (затискання правого кулака) та скидання вантажу (обидва кулаки). Усі жести є статичними позами з одночасним утриманням, що унеможливорює випадкове спрацьовування.

Розроблена математична модель перетворення кутів нахилу кистей у нормовані сигнали управління гарантує лінійність і комфортність управління за всіма чотирма ступенями свободи, а запропонований мапінг жестів уможливорює не лише безперервне пілотування, а й виконання службових команд без ризику випадкового спрацьовування. Підібрані параметри моделі враховують природні обмеження рухливості кистей, що робить систему ергономічною та придатною для навчання операторів, зокрема у військовій справі, де вимоги до інтерактивності й реалістичності постійно зростають.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Weichert F., Bachmann D., Rudak B., Fisseler D. Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller // Sensors (Basel). – 2013. – Vol. 13, № 5. – P. 6380-6393.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ТА СУЧАСНІ ІГРОВІ МЕХАНІКИ: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОБУДОВИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ У НАСТІЛЬНИХ РПГ

НЕЧВОЛОДА Л.В. (lylyne4v@gmail.com),
КРИКУНЕНКО К.М. (ladybabenko0787@ukr.net),
НЕПОМНЯЦЬКИЙ В.О.
Донбаська державна машинобудівна академія

У роботі розглянуто впровадження технологічних інновацій у настільні рольові ігри на прикладі програмного модуля «Скрижаль Героя». Запропоновано підхід до автоматизації створення персонажа на основі математичного моделювання та багатофакторного аналізу характеристик. Реалізовано інтерактивне дерево навичок і механізми процедурної генерації, що підвищують адаптивність ігрового процесу. Досліджено вплив цифрових інструментів на оптимізацію геймплею та зменшення людського фактора. Отримані результати демонструють підвищення ефективності та інтерактивності настільних RPG.

Сучасні настільні рольові ігри (НРПГ) дедалі частіше інтегруються з цифровими інструментами, які не лише автоматизують обчислення, але й виступають повноцінними посередниками у спільній творчості та наративі. На відміну від статичних паперових аркушів, програмний модуль для налаштування персонажа трансформується в інтерактивне середовище, що поєднує складні алгоритми балансування з ергономікою групового процесу. Даний тезис розглядає впровадження технологічних інновацій у розробленому редакторі «Скрижаль Героя», який реалізує комплексний підхід до створення, візуалізації та управління ігровим персонажем, спираючись на принципи соціальної динаміки та доступності [1].

Однією з ключових технологічних переваг модуля є динамічне обчислення характеристик персонажа на основі багатофакторного аналізу. Система автоматично розраховує основні та додаткові атрибути (сила, спритність, здоров'я, мана, захист тощо), враховуючи комбінаторний вплив раси, класу, походження, рівня та обраного спорядження. Така архітектура позбавляє гравця та майстра гри від рутинних арифметичних помилок та необхідності постійно звертатися до довідників [2]. Впровадження нелінійних залежностей та системи модифікаторів забезпечує більш глибоке занурення в механіку гри, дозволяючи зосередитися на наративній складовій.

Інноваційною складовою модуля є інтерактивне дерево навичок, візуалізоване за допомогою бібліотеки D3.js. На відміну від лінійних списків, деревоподібна структура з вузлами-вимогами реалізує механіку послідовного розвитку персонажа. Технологічно це забезпечує перевірку передумов у реальному часі: гравець не може вивчити «Сильний удар», не опанувавши «Основний удар». Такий підхід перетворює редактор на інструмент стратегічного планування, де вибір кожного вузла впливає на подальшу доступність здібностей вищих рівнів. Візуальне підсвічування доступних, вивчених та заблокованих навичок сприяє швидкому узгодженню очікувань щодо ролі персонажа в команді [1].

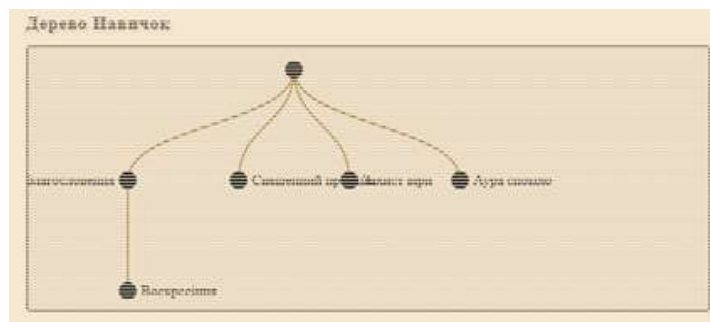


Рисунок 1 – Інтерактивне дерево навичок

З метою підвищення інклюзивності та персоналізації досвіду, модуль інтегрує механізми процедурної генерації та контекстно-залежного налаштування. Функція генерації випадкового

імені враховує обрану расу (наприклад, «ельфійські» або «дворфійські» патерни імен), що поглиблює лор світу. Аналогічно, генератор передісторії («Скласти Легенду») використовує комбінаторику шаблонів на основі обраних раси, класу та походження, пропонуючи гравцю готовий наративний фундамент для подальшої групової гри [2].

Рисунок 2 – Генератор імені та передісторії персонажа

Технологічна реалізація модуля враховує вимоги ергономіки групової гри. Система автоматично розраховує ліміти здоров'я та мана, а також підтримує функції «Короткого» та «Довгого відпочинку», миттєво оновлюючи індикатори стану на панелі персонажа. Це значно пришвидшує темп ігрової сесії.

Розроблений програмний модуль демонструє, що редактор персонажа може вийти за межі простого калькулятора атрибутів. Завдяки впровадженню алгоритмів динамічного балансу, системи візуального дерева навичок та інструментів контекстної генерації, він стає активним учасником процесу спільної творчості, підтримуючи соціальні функції узгодження очікувань та інклюзивності, визначені в дослідженнях ігрових медіумів [1].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bowman, S. L. (2010). The Functions of Role-Playing Games: How Participants Create Community, Solve Problems and Explore Identity. McFarland.
2. Мельников О. Ю. Об'єктно-орієнтований аналіз і проектування інформаційних систем : посібник для студентів спеціальностей «Системний аналіз» та «Інформаційні системи та технології» / О. Ю. Мельников. – Вид. 3-є, перероб. та доп. – Краматорськ : ДДМА, 2020. – 208 с.

УДК 004.9

СТВОРЕННЯ DATA-ORIENTED СИСТЕМИ ПОВЕДІНКИ ІГРОВИХ ВОРОГІВ В СЕРЕДОВИЩІ UNITY DOTS ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТА BEHAVIOR DESIGNER PRO

ПАРХОМЕНКО Ю. Д. (parkhomenko.y.d@gmail.com),
науковий керівник МЕЛЬНИКОВ О. Ю. (aymelnikov1973@gmail.com),
Донбаська державна машинобудівна академія

В роботі описано спосіб реалізації поведінки ігрових ворогів у середовищі Unity Dots (Data-Oriented Technology Stack). Для досягнення необхідного результату запропоновано використання спеціального пакета Behavior Designer Pro.

У сучасних ігрових проєктах поведінка ігрових персонажів відіграє важливу роль, оскільки безпосередньо впливає на рівень занурення гравця та сприйняття правдоподібності ігрового

середовища. У межах дослідження було поставлено завдання розробити систему поведінки для ворогів, які здійснюють напад на поселення гравця в нічний період та відступають у разі загибелі командира або настання ранку. Також система повинна забезпечувати можливість подальшого розширення та модифікації поведінкової логіки відповідно до потреб проєкту [1], [5].

У класичному підході розробки в Unity логіка поведінки реалізується через компоненти MonoBehaviour, які виконуються незалежно для кожного ігрового об'єкта, що при великій кількості сутностей може призводити до додаткових витрат ресурсів [1], [2]. Для підвищення продуктивності було використано Unity DOTS (Data-Oriented Technology Stack), що базується на data-oriented підході, де дані обробляються системами пакетно для груп сутностей з однаковими компонентами. Така архітектура забезпечує ефективніше використання пам'яті, підтримку багатопотоковості та кращу масштабованість у великих сценах [3], [4].

Для побудови розгалуженої системи поведінки було використано інструмент Behavior Designer Pro, який забезпечує можливість візуального проєктування складних дерев поведінки та організації переходів між різними станами. Це дозволяє гнучко змінювати логіку поведінки об'єктів залежно від контексту ігрової ситуації. Крім того, підтримка інтеграції з Unity DOTS дає змогу поєднати переваги візуального керування поведінкою із принципами data-oriented підходу без втрати продуктивності [1], [3].

У процесі реалізації було створено декілька систем-станів, здатних паралельно обробляти групи сутностей за умови їх перебування в однаковому стані та наявності спільного набору компонентів. Такий підхід сприяв централізації логіки, зменшенню дублювання програмного коду та підвищенню масштабованості системи поведінки для великої кількості ігрових об'єктів [4], [5].

Реалізовані стани були організовані у вигляді дерева поведінки (графа), у межах якого виконується послідовна перевірка умов для визначення поточної поведінки ворога. Зокрема, перевіряється стан цілі, наявність живого командира, відстань до противника для можливості завдання удару та інші параметри. На основі отриманих результатів обирається відповідна дія, наприклад переміщення, атака, переслідування або втеча.

Побудований граф поведінки представлено на рисунку 1.

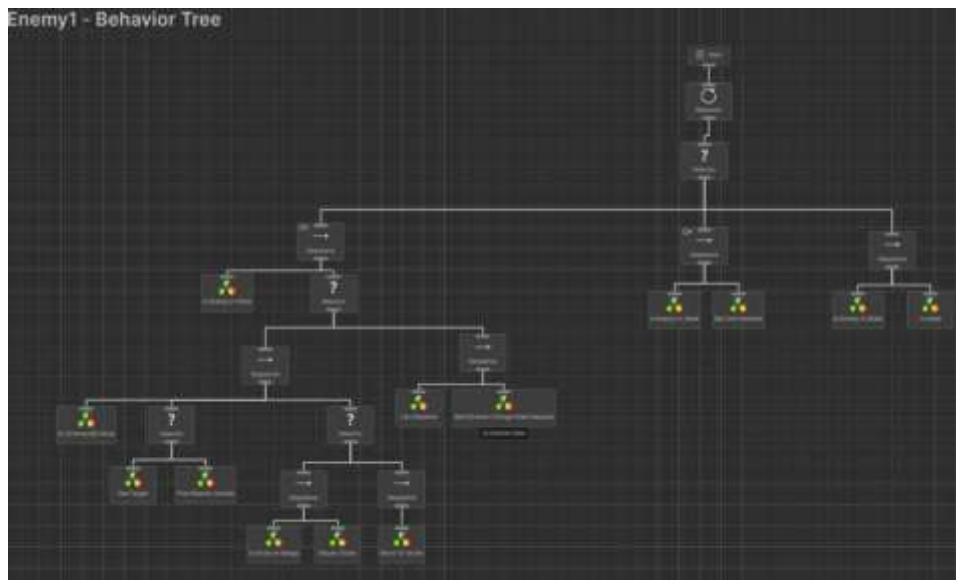


Рис. 1 – Схема графа поведінки ворога

У результаті було реалізовано гнучку та масштабовану систему поведінки з можливістю подальшого розширення. Завдяки використанню багатопотокової обробки в межах Unity DOTS система одночасно працює з великою кількістю сутностей, що сприяє підтриманню стабільної частоти кадрів навіть за значної кількості ботів на екрані. Подальший розвиток проєкту може бути спрямований на розширення графа поведінки, додавання нових станів і переходів, а також на поглиблення логіки прийняття рішень ботами для підвищення їхньої варіативності та реалістичності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Unity Technologies. Unity User Manual. Документація ігрового рушія Unity. – 2024. – Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>
2. Unity Technologies. Unity Scripting API. Офіційна документація програмного інтерфейсу Unity. – 2024. – Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/>
3. Unity Technologies. Data-Oriented Technology Stack (DOTS). Архітектура data-oriented для високопродуктивних ігор. – 2024. – Режим доступу: <https://unity.com/dots>
4. Unity Technologies. Entity Component System (ECS) for Unity. Документація архітектури ECS. – 2024. – Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.entities>
5. Gregory J. Game Engine Architecture. 3rd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2018. – 1136 p. – DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315267530>

УДК 004.41:004.65

АВТОМАТИЗОВАНА ГЕНЕРАЦІЯ РЕЛЯЦІЙНИХ СХЕМ БАЗ ДАНИХ НА ОСНОВІ ОБ'ЄКТІВ ОБМІНУ ДАНИМИ JSON У GAMEDEV-СИСТЕМАХ

ПИСЛАР О. І. (alexfresh12916@gmail.com)

ЛІЩИНСЬКА Л. Б. (llb@vntu.edu.ua)

Вінницький національний технічний університет

У тезах обґрунтовано концепцію інструментального програмного засобу для автоматизованої генерації реляційних схем баз даних на основі аналізу напівструктурованих об'єктів обміну даними у форматі JSON. Особливістю підходу є автоматичне визначення типів даних, проектування зв'язків між вкладеними структурами та оптимізація процесу розробки серверної частини мультимедійних систем та ігрових додатків за рахунок прискорення переходу від конфігураційних NoSQL-представлень до реляційних моделей.

Постановка проблеми. Сучасна інженерія програмного забезпечення характеризується широким використанням напівструктурованих форматів даних, серед яких JSON є основним стандартом для обміну інформацією через REST API, конфігурування систем і збереження документів [1]. Проте під час проектування і розгортання інформаційних систем розробники часто постають перед необхідністю синхронізації або ж міграції цих даних у традиційні реляційні бази даних [2]. Процес ручного створення SQL-скриптів для складних, багаторівневих JSON-структур є рутинним, тривалим і схильним до людських помилок, що створює потребу в автоматизації цього етапу життєвого циклу розробки ПЗ [3].

Актуальність теми. Актуальність дослідження зумовлена тим, що більшість існуючих засобів конвертації або виконують лише поверхневий аналіз, або ж не враховують специфіку зв'язків між сутностями [4]. Особливо гостро ця проблема постає в індустрії розробки комп'ютерних ігор, а також мультимедіа, де ігрові конфігурації, параметри персонажів, елементи інвентарю і баланс часто описуються геймдизайнерами у гнучкому форматі JSON, тоді як для надійної серверної частини гри необхідна їхня швидка міграція у реляційні СКБД для забезпечення транзакційності і безпеки збереження прогресу [5]. Створення спеціалізованого інструментального програмного засобу, який здатний аналізувати глибоко вкладені об'єкти ігрових конфігів і генерувати валідний SQL-код, дозволить істотно підвищити ефективність роботи архітекторів ПЗ і розробників ігрових систем.

Мета роботи. Метою роботи є скорочення часових витрат і зниження кількості помилок на етапі проектування реляційних баз даних мультимедійних та ігрових систем шляхом дослідження і розробки інструментального програмного засобу автоматизованої генерації SQL-схем на основі об'єктів JSON. Для досягнення поставленої мети було послідовно визначено специфіку мапінгу напівструктурованих ігрових даних JSON у реляційні моделі, обґрунтовано архітектуру інструментального засобу разом із логікою його модулів, розроблено алгоритм автоматичного виведення типів даних і трансформації вкладених масивів у реляційні зв'язки, а також проведено комплексну оцінку ефективності автоматизованого підходу порівняно з ручним проектуванням DDL-скриптів.

Сутність запропонованого підходу полягає в тому, що програмний засіб розглядається як конвеєр обробки даних, який складається з трьох ключових компонентів, а саме модуля валідації і структурного аналізу, модуля конфігурації мапінгу, а також безпосередньо генератора коду DDL [6]. На відміну від найпростіших конвертерів, запропонований алгоритм виконує динамічне розпізнавання типів за регулярними виразами у межах семантичного аналізу, що і дозволяє чітко розрізняти цілі та дробові числа, ідентифікувати ISO-дати, логічні значення, а також оцінювати максимальну довжину текстових полів для подальшої оптимізації розміру сховища [7]. Важливою ознакою розробленого інструменту є гнучка обробка складних мультимедійних та ігрових структур. При аналізі вкладених об'єктів система пропонує денормалізацію шляхом перенесення полів у батьківську таблицю або нормалізацію зі створенням окремої залежної таблиці. У випадку виявлення масивів об'єктів, наприклад, списків навичок або інвентарю персонажа, вони автоматично виділяються в окрему сутність, для якої генерується зовнішній ключ, що посиляється на первинний ключ головної таблиці, забезпечуючи цілісність реляційного зв'язку один-до-багатьох.

У процесі проектування архітектури системи використовуються структурно-функціональні моделі, зокрема діаграми IDEF0 та DFD, що дозволяють наочно представити потоки даних від вхідного JSON-файлу конфігурації до вихідного тексту з розширенням .sql, повністю адаптованого під синтаксичний діалект обраної користувачем СУБД, як-от PostgreSQL, MySQL або SQLite [8].

Очікуваним результатом реалізації дослідження є кросплатформний інструментальний програмний засіб, у якому якісна аналітика після процесу парсингу надає користувачеві розгорнутий звіт про виявлені типи полів, потенційні конфлікти структур і згенеровану схему зв'язків. Застосування цього інструменту дозволяє змістити фокус розробника ігрових архітектур з написання монотонного синтаксичного коду баз даних на концептуальне проектування безпосередньо ігрової логіки і мультимедійної взаємодії.

Висновки. Проблема рутинного і тривалого ручного перенесення NoSQL-структур ігрових даних у реляційні схеми успішно вирішується завдяки запропонованій концепції інструментального засобу. Дослідження методів мапінгу дозволило автоматизувати розпізнавання типів даних та проектування зв'язків для вкладених конфігураційних об'єктів. Сформований підхід мінімізує ризик появи синтаксичних помилок у DDL-кодi, а розроблена архітектура забезпечує гнучке розширення інструменту для підтримки нових реляційних СУБД. Таким чином, мету роботи досягнуто: запропонований інструмент перетворює ручний процес написання SQL-схем на автоматизовану інженерну операцію, адаптовану під потреби сучасної індустрії мультимедіа і розробки ігор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ECMA International. Standard ECMA-404: The JSON Data Interchange Syntax. 2nd edition. Geneva, 2017. [Електронний ресурс]. URL: <https://ecma-international.org/publications-and-standards/standards/ecma-404/>. Дата звернення: 14.05.2026.
2. Пасічник В. В., Резніченко В. А. Організація баз даних та знань : підручник для студ. вищих навч. закл. Київ : Видавнича група BVH, 2019. 448 с.
3. Швець А. Ю. Проектування та архітектура програмного забезпечення : підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2019. 280 с.
4. Кравець П. О. Об'єктно-орієнтоване проектування програмного забезпечення : навч. посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 316 с.
5. Gibson J. Introduction to Game Development, Server Architecture, and Game Systems. San Francisco : Morgan Kaufmann, 2020. 432 p.
6. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. Boston : O'Reilly Media, 2017. 616 p.
7. Oracle Corporation. MySQL 8.0 Reference Manual. [Електронний ресурс]. URL: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>. Дата звернення: 14.05.2026.
8. SQLite Development Team. SQLite Documentation. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.sqlite.org/docs.html>. Дата звернення: 12.05.2026.

ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІДЕОГРИ У ЖАНРІ TOWER DEFENCE ЗАСОБАМИ GODOT ENGINE

ПІКУЛЯК М.В. (mykola.pikuliak@cnu.edu.ua),
СВАНІДЗЕ К.Г. (kakha.svanidze.22@pnu.edu.ua)

Карпатський національний університет імені В. Стефаника

В роботі розглянуто процес розробки відеогри у жанрі Tower Defence на базі ігрового рушія Godot Engine. Проаналізовано особливості жанру, його основні механіки та принципи побудови ігрового процесу. Обґрунтовано вибір Godot Engine як сучасного інструменту для розробки 2D-ігор завдяки відкритому вихідному коду, кросплатформеності та використанню мови програмування GDScript. Описано етапи проєктування архітектури гри, реалізацію ключових модулів та системи взаємодії ігрових об'єктів.

Вступ. Сьогодні відеоігри визнані не просто формою розваги, а важливим культурним та освітнім інструментом, який перетворився з простої піксельної розваги на складний сюжетний засіб, що може вирішувати соціальні проблеми, сприяти розвитку спільнот і навіть допомагати в терапії психічного здоров'я.

Актуальність. Актуальність розробки сучасних відеоігор зумовлена багатьма факторами:

- індустрія відеоігор є однією з найдинамічніших та найприбутковіших галузей сучасної цифрової економіки;
- потреба на нові ігрові продукти постійно зростає завдяки широкому охопленню аудиторії, розвитку технологій та популяризації інді-розробки;
- стрімкий розвиток інструментів розробки, зокрема безкоштовних рушіїв із відкритим кодом робить створення повноцінних ігор доступнішим для незалежних розробників.

Стрімкому зростанню ринку відеоігор сприяють такі факторами, як наявність широкого вибору та простору для творчості, розвиток новітніх технологій, таких як доповнена і віртуальна реальність та їхнє проникнення в ігрову індустрію, а також еволюція хмарних і мобільних ігор та зростаюча популярність кіберспорту.

Мета дослідження. Створення комп'ютерної гри на базі Godot Engine, використання якої дозволить застосувати сучасні програмні технології для побудови ігрового процесу, забезпечить простоту освоєння та різноманітність доступних юнітів та надасть можливість уникати надмірної монетизації, що може погіршити досвід користувачів.

Порівняльний аналіз існуючих рішень. Сьогодні на ринку представлено велику кількість відеоігор, які мають значну популярність серед користувачів. Разом з тим слід відмітити ряд недоліків, які варто враховувати сучасним розробникам при створенні нових ігор. Це, зокрема, застарілі механіки та низький рівень використання штучного інтелекту (наприклад, Cossacks 3, 2016 р.), невисокий рівень системи будівництва міст та недостатність пояснень ігрового процесу (Sid Meier's Civilization 7, 2025 р.), нестабільність онлайн доступу та велика кількість транзакцій (Bloons TD6, 2016 р.). Тому використання жанру Tower Defence завдяки простоті технічної розробки, доступності та комерційній ефективності підтверджує актуальність розробки.

Виклад основного матеріалу. Розробка відеогри здійснена на основі Godot Engine [1] – багатофункціонального кросплатформового ігрового рушія для створення 2D- та 3D-ігор. Він надає повний набір стандартних інструментів, завдяки чому користувачі можуть зосередитися на створенні ігор, не витрачаючи час на повторну розробку базових рішень. Ігри можна одним кліком експортувати на низку платформ, зокрема на основні настільні платформи (Linux, macOS, Windows), мобільні платформи (Android, iOS), а також веб-платформи та консолі.

Використання Tower Defence (TD) є однією з підкатегорій стратегічних відеоігор, суть якої полягає в обороні певної території, об'єкта або шляху від хвиль супротивників [2]. Основна механіка гри полягає у стратегічному розміщенні оборонних споруд – так званих "веж" (towers), які автоматично атакують ворогів, що просуваються визначеними маршрутами. Гравець не контролює бойові одиниці напряму, натомість приймає тактичні рішення щодо розміщення, покращення або видалення веж [3].

Загальна архітектура запропонованої відеогри побудована навколо концепції дерева з наслідуваних «сцен». Кожен елемент сцени (вузол) в будь-який момент сам може стати повноцінною сценою. Завдяки використанню такого архітектурного підходу забезпечується модульність, масштабованість та легкість підтримки, де кожен функціональний компонент системи представлений окремим вузлом або групою вузлів, які взаємодіють між собою через чітко визначену ієрархічну структуру (рис. 1):

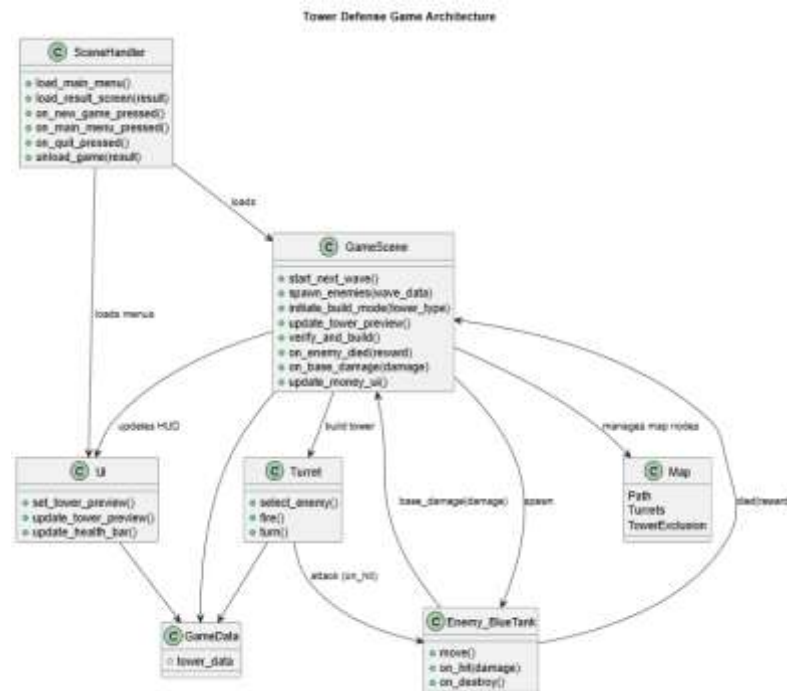


Рис. 1 – Загальна структура модулів гри

Перевагою такої структури є те, що при розробці можна легко змінювати повністю всю архітектуру проєкту, розширювати її елементи та працювати із комплексними сценами на рівні простих абстракцій.

Ключовим елементом архітектури виступає вузол SceneHandler, який відіграє роль центрального диспетчера та координатора всіх ігрових сцен. Основне призначення цього компонента полягає в управлінні життєвим циклом сцен, забезпеченні переходів між різними екранами гри та координації взаємодії між основними модулями системи, зокрема, MainMenu (головне меню гри, яке забезпечує початкову взаємодію з користувачем) та ResultScreen (екран результатів, який відображає підсумки проходження рівня).

Взаємодія між компонентами MainMenu та SceneHandler реалізована через систему сигналів Godot, що забезпечує слабе зв'язування (loose coupling) між модулями. При натисканні користувачем кнопки New Game, відповідний UI-елемент генерує та відправляє сигнал до SceneHandler.

Система управління хвилями ворогів та система будівництва оборонних веж активується після ініціалізації рівня через інтерфейс управління, що базується на попередньо визначеній конфігурації, яка містить інформацію про:

- кількість хвиль у рівні;
- типи ворожих юнітів у кожній хвилі;
- кількість ворогів у хвилі;
- часові інтервали між появою юнітів;
- характеристики ворогів (здоров'я, швидкість, винагорода).

На основі цієї конфігурації відбувається динамічне створення вузлів ворогів, які інстанціюються у ігровому просторі.

Програмно гра створена з використанням високорівневої динамічно типізованої скриптової мови програмування під назвою GDScript, синтаксис якої нагадує мову Python. Відмінністю від Python є в першу чергу чітка типізація змінних при оголошенні та загальна оптимізація скриптової

системи під базову на сценах архітектури рушія. Перевагою використання є можливість спрощеного управління об'єктами, сценами і анімаціями.

Під час практичної реалізації відеогри було проведено ряд тестувань для перевірки коректності її роботи та підтримки стабільності:

- функціональне тестування – перевірялась робота гри з точки зору користувача, тобто оцінювалось, чи правильно працюють усі елементи ігрового процесу під час взаємодії гравця з інтерфейсом;

- юніт тестування – було протестовано логіку нанесення шкоди ворогам, перевірку можливості будівництва вежі залежно від її вартості та алгоритм вибору ворога для атаки вежею. Для виконання перевірок було створено окремі тестові сценарії, які запускали відповідні функції та перевіряли отриманий результат у консолі рушія Godot;

- інтеграційне тестування – перевірялось, чи правильно передається інформація для організації взаємодії між окремими модулями під час ігрового процесу.

Під час тестових запусків було проведено різну кількість перевірок для окремих модулів, завдяки чому вдалось зменшити ймовірність функціональних затримок, підвищити стабільність роботи та забезпечити достатній рівень продуктивності ігрового процесу.

Практичне значення результатів дослідження. Результатом роботи є створений програмний продукт, що демонструє можливості Godot Engine для реалізації ігор жанру Tower Defence. Отримані результати можуть бути використані у навчальних цілях та для подальшого розвитку ігрових застосунків.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті виконаного дослідження розглянуто особливості розробки відеогри жанру Tower Defence та реалізовано програмний продукт на базі Godot Engine. Практична реалізація підтвердила доцільність використання Godot Engine як ефективного інструменту для створення 2D-ігор завдяки відкритості платформи, зручній архітектурі, широким можливостям налаштування та використанню мови програмування GDScript. У процесі розробки створено основні програмні модулі гри, реалізовано інтерфейс користувача та взаємодію ігрових об'єктів.

Отримані результати свідчать про перспективність застосування Godot Engine у сфері інди-розробки та навчальних проєктів. Подальший розвиток роботи може бути спрямований на розширення функціональних можливостей гри, удосконалення штучного інтелекту супротивників, додавання нових рівнів, візуальних ефектів і багатокористувацького режиму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Godot Docs. Godot Engine documentation. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.godotengine.org/en/stable/> (дата звернення: 14.04.2026).
2. Chen S. "Tower Defense Game Design based on Unity3D," *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, 2023, vol. 6(1), pp. 85–94.
3. Wang W., Walcott T. *Programming for Game Design: A Hands-On Guide with Godot*. Berkeley: Apress, 2024, 508 p.

УДК 004.942

ОЦІНЮВАННЯ СТРУКТУРНОЇ ЖИВУЧОСТІ СЕРВЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МАСОВИХ БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКИХ ІГОР НА ОСНОВІ ЛОГІКО-ІМОВІРНІСНОГО ТРАЄКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

ПРИЙМАК НАЗАР (nazar.i.pryimak@lpnu.ua),
ЖУК ЮРІЙ (yurii.p.zhuk@lpnu.ua)
Національний університет "Львівська Політехніка"

Обґрунтовано застосування методу логіко-імовірнісного траєкторного моделювання для кількісного оцінювання показників структурної живучості серверної інфраструктури масових багатокористувацьких онлайн-ігор. Проаналізовано особливості функціонування гетерогенних

ієрархічних мереж із складним підпорядкуванням та перехресним резервуванням в умовах інтенсивних дестабілізуючих впливів. Визначено деструктивні чинники, що призводять до каскадних відмов вузлів, та показано обмеження класичних аналітичних підходів щодо моделювання великорозмірних систем. Запропоновано критерії працездатності інфраструктури, які базуються на забезпеченні зв'язності між глобальним балансувальником навантаження та виконавчими серверами нижнього рівня.

Ключові слова: масові багатокористувацькі онлайн-ігри, серверна інфраструктура, структурна живучість, логіко-імовірнісне траєкторне моделювання, ієрархічні мережі, складне підпорядкування, ймовірнісні пакети.

Вступ. Сучасні масові багатокористувацькі онлайн-ігри потребують безперервного доступу мільйонів користувачів до контенту, що забезпечується ієрархічною топологією мережі зв'язку. Така структура дозволяє децентралізувати обробку даних та спеціалізувати вузли на різних рівнях управління. Проте інтенсивні зовнішні та внутрішні дестабілізуючі фактори роблять класичну концепцію надійності недостатньою. Критичне значення набуває забезпечення структурної живучості - здатності системи продовжувати виконання базових функцій навіть за умов каскадних відмов елементів. Складність та гетерогенність ігрових інфраструктур унеможливають застосування традиційних аналітичних підходів через проблему некерованого зростання простору станів. Це зумовлює необхідність застосування логіко-імовірнісного траєкторного моделювання для розрахунку показників живучості на етапі проєктування. Як показано в дослідженнях розподілених ігрових архітектур [1], постійне ускладнення міжсерверної взаємодії призводить до того, що відмова окремих вузлів балансування викликає лавиноподібну деградацію суміжних ігрових зон.

Постановка проблеми. Стрімке зростання навантаження на серверну інфраструктуру масових багатокористувацьких онлайн-ігор (Massively Multiplayer Online, MMO) вимагає переходу від класичних методів забезпечення надійності до концепції структурної живучості. Ця проблема загострюється через неминучість відмов та зупинок апаратного забезпечення в системах, розрахованих на багаторічний безперервний цикл функціонування [2]. Структурна живучість у цьому контексті визначається як здатність ієрархічної мережі серверів зберігати доступність ігрового контенту (нижнього рівня архітектури) для критичної маси користувачів за умов каскадних відмов вузлів та ліній зв'язку [3, 4]. Класичні методи резервування є неоптимальними через експоненційне зростання простору станів у марковських моделях та обмеження характеристичних поліномів вимогами ізотропності мережі. Імітаційне моделювання генерує надмірні обчислювальні витрати, що унеможливує його використання в системах автоматизованого проєктування серверних кластерів [5].

Аналіз останніх досліджень. Аналітичні моделі систем масового обслуговування ефективні для розрахунку пропускної здатності, проте неадекватні для аналізу структурної деградації. Методи на основі твірних функцій придатні виключно для систем із простим підпорядкуванням, що не відповідає сучасним топологіям MMO із перехресним резервуванням та балансуванням навантаження. Застосування декомпозиції ієрархічних структур на вкладені підструктури вирішує проблему симетричних ієрархій, однак не масштабується на неоднорідні мережі зі складним підпорядкуванням.

Метод логіко-імовірнісного траєкторного моделювання для оцінювання структурної живучості серверної інфраструктури масових багатокористувацьких ігор. Архітектура серверної інфраструктури MMO розглядається як багаторангова неоднорідна ієрархічна система зі складним підпорядкуванням. Кореневим вузлом (рівень 0) виступає глобальний балансувальник навантаження. Проміжні вузли (рівень 1...N-1) репрезентують регіональні шлюзи, сервери авторизації та сервери баз даних. Елементами найнижчого рівня (рівень N) є екземпляри ігрових світів.

Кожен елемент інфраструктури i характеризується ймовірністю безвідмовної роботи $p_i(t)$ та ймовірністю відмови $q_i(t)=1-p_i(t)$. Критерієм працездатності інфраструктури є забезпечення зв'язності кореневого вузла із заданою мінімальною кількістю M працездатних ігрових інстансів із загальної кількості N за умови $M \leq N$ [3, 5].

Традиційне перетворення структурних схем методами згортки вносить значну методичну похибку через ігнорування залежностей між ймовірностями перебування у працездатному стані елементів еквівалентних контурів. Метод ЛІТМ усуває цей недолік, генеруючи математичну модель у вигляді множини «реєстраційних пакетів», що формують розподіл ймовірності доступності вузлів найнижчого рівня.

Процедура ЛІТМ реалізується за таким алгоритмом:

1. У кореневий вузол генерується гіпотетичний реєстраційний пакет із початковою ймовірністю існування $P_{ip} = 1$.
2. При першому проходженні вузла i пакет роздвоюється. Інформаційна частина першого пакета (успіх) множиться на $p_i(t)$, а до маршрутної частини додається ідентифікатор вузла.
3. Другий пакет (відмова) формується з ймовірністю $q_i(t)$. Його подальший маршрут модифікується: пакет переходить на альтернативний вузол (резервний канал), якщо такий існує.
4. Рух пакетів суворо детермінований напрямком від кореня до виконавчих серверів. Повернення на вищі рівні допускається виключно при вичерпанні альтернативних шляхів (негативно визначені стани).
5. Групування пакетів, що досягли k інстансів, формує розподіл $P_k(t)$.

Ймовірність структурної живучості ММО-інфраструктури $R(t)$ для порогового значення $N_{min}=M$ розраховується як:

$$R(t) = \sum_{k=M}^N P_k(t) \quad (1)$$

Загальний час напрацювання інфраструктури до катастрофічної відмови (MTTF):

$$T_{MTTF} = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2)$$

Для мінімізації обчислювальної складності генерується допоміжна структура — «родове дерево» простих шляхів. Вона дозволяє обробляти пакети за стековим принципом, що критично скорочує вимоги до оперативної пам'яті порівняно з алгоритмами обходу графів у ширину. Маскування станів забезпечує обхід елементів, які не впливають на критерій доступності M -серверів, відсікаючи надлишкові гілки обчислень.

Висновки. Апробація методу ЛІТМ для аналізу гетерогенної топології доводить його перевагу над поліноміальними методами. Метод здатний обробляти багатовимірні перехресні зв'язки, характерні для сучасних мікросервісних ММО-архітектур, де відмова проміжного шлюзу компенсується динамічним перенаправленням трафіку. Розрахований розподіл $\{P_k(t)\}$ дозволяє не лише констатувати факт структурної деградації, а й прогнозувати часткову працездатність екосистеми, що є базою для проектування систем автоматичного масштабування в хмарних ігрових середовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Adenau, M. Persistence and Fault Tolerance in Massively Multiplayer Online Games / M. Adenau // McGill University Computer Science Technical Reports. — 2009. — Vol. 2. — P. 11–18.
2. Assiotis, M. A Distributed Architecture for Massive Multiplayer Online Role-Playing Games / M. Assiotis, V. Trahan // Dynamic Systems and MIT Project on Mathematics. — 2005. — P. 4–12.
3. Мандзій Б. А., Волочій Б. Ю., Озірковський Л. Д. Методи оцінювання структурної живучості ієрархічних інформаційних мереж регіональних радіоелектронних комплексів // Відбір і обробка інформації. 2009. Вип. 30. С. 114–123.
4. Dodonov, O. H., Horbachyk, O. S., & Kuznietsova, M. H. (2010). System Studies of Survivability and Safety of Complex Technical Systems. Registration, Storage and Processing of Data, 12(2), 202-208.
5. Ozirkovskyy L., Volochii B., Pryymak N., Zhuk Y. Quantitative Assessment of the Survivability of a Mission-Critical System with a Hierarchical Structure. 2026 IEEE 18th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)

СТВОРЕННЯ ПАНОРАМИ ЗОБРАЖЕНЬ

РЕЙДА М. О., РЕЙДА О.М. (okashnik48@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

У роботі розглянуто задачу автоматичного об'єднання набору перекривних фотографій у єдину панораму. Описано алгоритм обробки: виявлення ключових точок, зіставлення дескрипторів, оцінка проєктивного перетворення методом RANSAC, приведення та злиття зображень. Наведено приклад реалізації мовою C++ з використанням бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV.

Широке застосування панорамної зйомки в мобільній фотографії, картографії та системах відеоспостереження вимагає надійних автоматичних методів об'єднання зображень. Основна складність полягає в тому, що кожна пара сусідніх кадрів пов'язана геометричним перетворенням, яке необхідно оцінити в умовах шуму та неточного зіставлення точок.

Задача побудови панорами зводиться до знаходження для кожної пари сусідніх зображень проєктивного перетворення – гомографії H (матриця 3×3), яка переводить координати точок одного знімка у координати іншого. Якщо сцена є плоскою або камера обертається навколо своєї оптичної осі без видимого зміщення об'єкта відносно віддаленого фону при зміні точки спостереження, гомографія повністю описує геометричний зв'язок між кадрами [1].

Алгоритм обробки складається з шести кроків:

- виявлення ключових точок – пошук локальних особливостей зображення, стійких до змін масштабу та повороту;
- обчислення дескрипторів – числовий опис оточення кожної точки;
- зіставлення точок між кадрами за схожістю дескрипторів;
- оцінка гомографії методом RANSAC ;
- варпінг – проєкція кадрів у спільну систему координат;
- злиття – усунення перепадів яскравості на межах кадрів.

Приклад реалізації кроків 1–4 мовою C++ з використанням бібліотекою комп'ютерного зору OpenCV наведено на рисунку 1 [2].

```
cv::Mat findHomography(
3   const cv::Mat& img1, const cv::Mat& img2) {
    auto det = cv::ORB::create(1500);
    std::vector<cv::KeyPoint> kp1, kp2;
    cv::Mat d1, d2;
    det->detectAndCompute(img1, {}, kp1, d1);
    det->detectAndCompute(img2, {}, kp2, d2);
    cv::BFMatcher bf(cv::NORM_HAMMING);
    std::vector<std::vector<cv::DMatch>> raw;
    bf.knnMatch(d1, d2, raw, 2);
    std::vector<cv::Point2f> pts1, pts2;
    for (auto& m : raw)
        if (m[0].distance < 0.75f * m[1].distance) {
            pts1.push_back(kp1[m[0].queryIdx].pt);
            pts2.push_back(kp2[m[0].trainIdx].pt);
        }
    return cv::findHomography(pts1, pts2,
        cv::RANSAC, 3.0);
}
```

Рис. 1 – Алгоритм знаходження матриці гомографії

Після отримання матриці H виконується варпінг функцією `warpPerspective`, а зони перекриття об'єднуються лінійним або багатосмуговим злиттям для усунення стрибків яскравості (рисунок 2).

Метод гомографії передбачає або плоску сцену, або чисте обертання камери. За наявності паралаксу (при трансляційному русі) на стику кадрів виникають «привиди» (ghosting). Мінімально необхідне перекриття між кадрами – 15–20 %: за меншого значення зіставлення стає ненадійним. Різниця в експозиції усувається компенсацією підсилення (gain compensation) перед злиттям [3].



Рис. 2 – Отримання панорами з вхідних зображень

Висновки. Побудова панорами є задачею, яка вирішується послідовним застосуванням детектора ключових точок, оцінки гомографії методом RANSAC та злиття зображень. Метод ефективний для сцен без паралаксу і реалізується в кілька десятків рядків коду. Наведений приклад ілюструє центральний крок конвеєру – отримання геометричного перетворення між двома сусідніми кадрами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. OpenCV. Images stitching. OpenCV Documentation. URL: https://docs.opencv.org/4.x/d1/d46/group__stitching.html (дата звернення: 12.05.2026).
2. Wikipedia. Image stitching. Wikipedia, The Free Encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Image_stitching (дата звернення: 12.05.2026).
3. Rosebrock A. Image Stitching with OpenCV and Python. PyImageSearch Blog. URL: <https://pyimagesearch.com/2018/12/17/image-stitching-with-opencv-and-python/> (дата звернення: 12.05.2026).

УДК 004.932.2

МЕТОДИ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

РЕЙДА М. О., ЧЕРНІЙ А.О, РЕЙДА О.М. (okashnik48@gmail.com)
Вінницький національний технічний університет

У роботі розглянуто задачу стиснення растрових зображень з мінімальними втратами якості при максимальному зменшенні об'єму даних. Описано основні класи методів: стиснення без втрат на основі ентропійного кодування (алгоритми Хаффмана, LZW) та стиснення з втратами на основі перетворень (дискретне косинусне перетворення у стандарті JPEG, вейвлет-перетворення у стандарті JPEG 2000).

Стрімке зростання обсягів цифрового контенту в медіа, хмарного зберігання та мобільних комунікацій робить задачу ефективного стиснення зображень однією з основних задач при передачі зображень. Складність полягає у забезпеченні балансу між ступенем стиснення та якістю відновленого зображення.

Стиснення зображень – використання алгоритмів стиснення даних до зображень, що зберігаються в цифровому вигляді. В результаті стиснення зменшується розмір зображення, що зменшує час передачі зображення по мережі і економить простір для зберігання. Стиснення зображень розділяють на стиснення з втратами якості і стиснення без втрат. Стиснення без втрат більш підходить для штучно побудованих зображень, таких як графіки, іконки програм, або для спеціальних випадків, наприклад, якщо зображення призначені для подальшої обробки алгоритмами розпізнавання зображень. Алгоритми стиснення з втратами при збільшенні ступені стиснення, як правило, породжують добре помітні людському оку артефакти [1].

Алгоритм LZW (Lempel–Ziv–Welch) – універсальний алгоритм стиснення даних без втрат, розроблений Абрахамом Лемпелем, Яковом Зівом та Террі Велчем і опублікований у 1984 році як вдосконалена реалізація алгоритму LZ78. Алгоритм зчитує послідовність символів, групує їх у рядки та перетворює на коди за допомогою таблиці кодів із 4096 записами: коди 0–255 відповідають окремим байтам вхідного файлу, а коди 256–4095 представляють послідовності байтів, що виявляються під час кодування. Оскільки коди займають менше місця, ніж рядки, які вони замінюють, досягається стиснення. На відміну від алгоритму Хаффмана, LZW не потребує жодної попередньої інформації про вхідний потік даних і виконує стиснення за один прохід. Алгоритм широко застосовується у форматах GIF та TIFF, а також є основою утиліти стиснення файлів compress в операційній системі Unix. Серед недоліків – значні вимоги до пам'яті для підтримки словника та менша ефективність порівняно зі спеціалізованими алгоритмами при роботі із зображеннями або відео [2].

JPEG (Joint Photographic Experts Group) - один з найпоширеніших форматів зображень, що використовує стиснення з втратою якості, розроблений комітетом Joint Photographic Experts Group у 1992 році. Вхідні дані у форматі RGB поділяються на складові яскравості та кольору і конвертуються у простір YUV. Оскільки людське зорове сприйняття набагато чутливіше до яскравості, ніж до кольору, кольорні компоненти можна субдискретизувати без помітної втрати візуальної якості. При цьому обсяг даних суттєво скорочується. Дані зображення YUV із субдискретизованими кольорними компонентами розбиваються на блоки 8×8 пікселів. Кожен блок перетворюється за допомогою дискретного косинусного перетворення (DCT) (рисунк 1). У просторовій області дані описуються цифровим значенням кожного пікселя, тобто зображення представлено у вигляді набору координат та значень пікселів. Після перетворення зміст зображення описується коефіцієнтами просторових частот для вертикального та горизонтального напрямків. Таким чином, і в просторовій, і в частотній областях зберігається по 64 значення. Для скорочення кількості даних, необхідних для зберігання 64 коефіцієнтів, виконується квантування. Залежно від розміру кроку квантування втрачається більше або менше інформації. Як правило, користувач може задавати ступінь стиснення JPEG через цей параметр. Залежно від квантування дедалі більше коефіцієнтів обнуляється. Після чого матриця значень читається не по рядках, а по зигзагах, оскільки було визначено, що таким чином більше нулів йдуть підряд, що дозволяє ефективніше закодувати зображення. Після чого відбувається кодування довжин серій (RLE) - форма стиснення без втрат, при якій послідовності однакових даних зберігаються у вигляді одного значення та лічильника повторень, після чого кодується кодом Гаффмана [3].

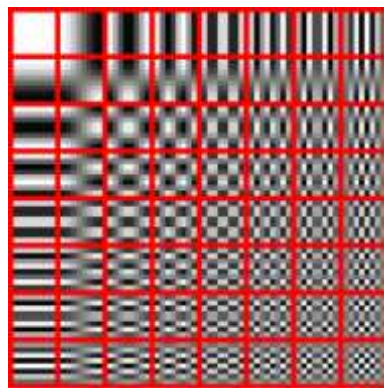


Рис. 1 – Базисне зображення матриці дискретного косинусного перетворення

Стандарт JPEG 2000 розбиває вихідне зображення на прямокутні блоки – тайли, кожен із яких обробляється незалежно. Це зменшує потреби в пам'яті та дозволяє декодувати лише окрему частину зображення без завантаження всього файлу. Кожен компонент тайла розкладається за допомогою дискретного вейвлет-перетворення (DWT) на кілька рівнів декомпозиції із субсмугами, що описують горизонтальні та вертикальні характеристики зображення. Послідовне застосування одновимірних перетворень у двох напрямках утворює чотири блоки різної роздільності. Ця процедура багаторазово повторюється для блоку низької роздільності й називається діадичною декомпозицією (рисунк 2).

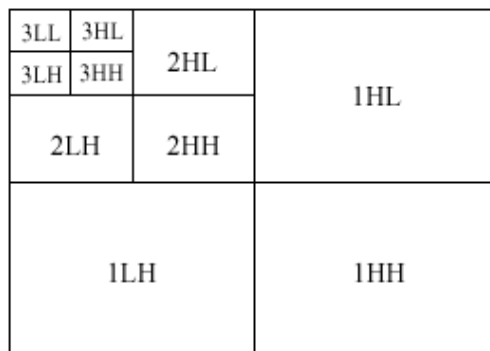


Рис. 2 – Приклад діадичної декомпозиції

Стандарт підтримує два типи вейвлет-перетворення: зворотне (ціле-до-цілого, фільтр Ле Галля 5/3) – для стиснення без втрат, та незворотне (дійсне-до-дійсного, фільтр Добеші 9/7) – для стиснення з втратами. Після перетворення коефіцієнти квантуються, розбиваються на кодові блоки та кодуються контекстно-залежним бінарним арифметичним кодуванням побітово площинами за три проходи: поширення значущості, уточнення величини та очищення. Додатковою можливістю є визначення областей інтересу (ROI), які кодуються з вищою якістю та декодуються першими у бітовому потоці [4].

Висновки. Стиснення зображень є задачею, що вирішується вибором відповідного методу залежно від вимог до якості та об'єму даних. Алгоритми без втрат – Хаффмана та LZW – забезпечують точне відновлення вихідного зображення за рахунок ентропійного та словникового кодування відповідно, проте досягають нижчих коефіцієнтів стиснення. Методи з втратами – JPEG на основі DCT та JPEG 2000 на основі вейвлет-перетворення – дозволяють суттєво скоротити об'єм даних, використовуючи особливості людського зорового сприйняття, проте вносять артефакти при високих ступенях стиснення. JPEG 2000 порівняно з JPEG забезпечує кращу якість при тому самому коефіцієнті стиснення, підтримує стиснення без втрат і надає додаткові можливості, зокрема декодування окремих областей інтересу. Вибір конкретного методу визначається прикладною задачею: для медичної візуалізації та технічної графіки пріоритетним є збереження точності, тоді як для веб-контенту та потокового передавання – мінімальний розмір файлу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стиснення зображень. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Стиснення_зображень (дата звернення: 13.05.2026).
2. LZW (Lempel–Ziv–Welch) Compression technique. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/computer-networks/lzw-lempel-ziv-welch-compression-technique/> (дата звернення: 13.05.2026).
3. What is a JPEG? URL: <https://pomodo.io/tech-archive/jpeg-definitive-guide/> (дата звернення: 14.05.2026).
4. How does JPEG 2000 work?: https://faculty.gvsu.edu/aboufateh/web/wavelets/student_work/EF/how-works.html (дата звернення: 14.05.2026).

МОДЕРНІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ХЕШУВАННЯ СІМЕЙСТВА MURMURHASH В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

РИСОВАНІЙ О.М. (rysov81524@gmail.com)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

У даному дослідженні розглядаються можливі шляхи до удосконалення алгоритму хешування сімейства MURMURHASH в комп'ютерних іграх. Важливими критеріями оцінювання алгоритмів хеш є час отримання хеш і кількість колізій. Отримані шляхи удосконалення можна використовувати до всіх алгоритмів хешування. Крім зменшення часу отримання хеш, пропонується провести додаткові дослідження властивостей отриманих результатів.

Постановка проблеми. У сучасній розробці ігор хешування – це фундамент оптимізації та безпеки. Його актуальність зростає через збільшення обсягів даних та складність ігрових світів. Використання хеш-функцій в ігрових додатках не є першочерговим і не повинно відповідати вимогам криптостійкості. Важливими показниками алгоритмів хеш є час отримання хеш і кількість колізій. Тому частіше застосовують некриптографічні хеші.

В роботі наведено, що модернізація алгоритмів сімейства MurmurHash в іграх зазвичай спрямована на екстремальне підвищення продуктивності в реальному часі, де критичним є кожен такт процесора.

Перелік вирішених питань. В роботі проаналізовані основні способи модернізації алгоритмів сімейства, які сприяють суттєве зменшити час отримання хеш-ів для всіх класів алгоритмів. Для кожного з цих шляхів описані можливості підвищення ефективності обробки.

Також в роботі приділено увагу розкриттю одного з сучасних алгоритмів, та принципи обробки даних в ньому.

Виклад основного матеріалу. Основними способи модернізації алгоритмів сімейства MurmurHash можуть бути наступні:

1. Використання SIMD-інструкцій (SSE/AVX/NEON) [1-3].

Стандартний MurmurHash обробляє дані послідовно (скалярно). Для сучасних ігор алгоритм можна переписати з використанням SIMD (Single Instruction, Multiple Data), що дозволяє обробляти декілька байтів або блоків даних паралельно за один цикл процесора. Це особливо актуально для обробки великих масивів ігрових об'єктів або текстурних ресурсів.

2. Спеціалізація під фіксовану довжину ключів.

В іграх часто хешуються об'єкти відомого розміру (наприклад, координати або ідентифікатори ресурсів).

Якщо довжина ключа відома на етапі компіляції, можна прибрати цикл обробки блоків і "розгорнути" його (loop unrolling), замінивши динамічну логіку на прямі інструкції. Така заміна дозволяє компілятору застосувати агресивне константне згортання (constant folding).

3. Платформозалежна оптимізація (x86 vs x64).

Алгоритм MurmurHash3 має різні варіанти для 32-бітних та 64-бітних систем [2]. В іграх важливо автоматично обирати відповідну версію під архітектуру цільової консолі чи ПК. Архітектура x64 використовує 64-бітні множники, що значно швидше на сучасних архітектурах завдяки меншій кількості операцій для того ж обсягу даних.

4. Складання хеш з декількох частин для зменшенні часу отриманні результату хеш [3].

Якщо "модернізація" алгоритму MurmurHash не дає потрібного приросту, ігрові розробники часто мігрують на алгоритми нового покоління, що ідеологічно є розвитком MurmurHash:

– алгоритми CityHash / FarmHash. Розроблені Google, ще краще використовують паралелізм сучасних CPU;

– алгоритми XXHash. Вважаються одними з найшвидших некриптографічних хешів на сьогодні, перевершуючи MurmurHash за швидкістю при схожому рівні колізій.

Алгоритм XXHash – це надзвичайно швидкий некриптографічний алгоритм хешування, розроблений Янном Коллетом (Yann Collet), автором стандартів стиснення LZ4 та Zstd. На

сьогодні він вважається галузевим стандартом для завдань, де швидкість обробки даних є критичнішою за безпеку.

Ключовими особливостями алгоритму XXHash є:

1. Екстремальна швидкість. Алгоритм працює на межі пропускної здатності оперативної пам'яті (RAM speed limit). Наприклад, версія XXH3 може досягати швидкості понад 30 ГБ/с на сучасному обладнанні, що в рази швидше за MurmurHash3 (близько 4 ГБ/с).

2. Висока якість розподілу. Незважаючи на швидкість, XXHash проходить усі тести SMHasher (стандарт для оцінки якості хеш-функцій), демонструючи чудову унікальність та мінімальну кількість колізій.

Висновок. В результаті проведених досліджень основних відомих алгоритмів хешування виявлені основні шляхи удосконалення алгоритмів за визначеними критеріями. Ці шляхи дозволяють суттєво зменшити час отримання хеш.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рисований О.М. Системне програмування. Ч.1. Основи програмування на асемблері. Середовище програмування masmb64: навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 123 "Комп'ютерна інженерія" всіх форм навчання [електронне видання]. Харків: НТУ «ХПІ», 2025. 174 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/95661>.

2. Рисований О.М. Системне програмування. Ч.1. Основи програмування на асемблері. Середовище програмування masmb64: навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 123 "Комп'ютерна інженерія" всіх форм навчання [електронне видання]. Харків: НТУ «ХПІ», 2025. 174 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/95661>.

3. Рисований О.М. Реверсне програмування. Захист коду. Середовище програмування masmb64: навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 123 "Комп'ютерна інженерія" всіх форм навчання [електронне видання]. Харків: НТУ "ХПІ", 2024. 214 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/79627>.

УДК 004.65:004.942:794.8

АНАЛІТИКА ПОВЕДІНКИ ГРАВЦІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БАЗ ДАНИХ

РОМАНЮК О.В. (romaniukoksana@gmail.com)

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)

МИРГОРОДСЬКИЙ А. В. (mirgorodskijav@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто роль баз даних в аналітиці поведінки гравців, зокрема збирання телеметрії, аналіз утримання користувачів, балансування складності, сегментацію аудиторії та виявлення шахрайства. Підкреслено, що ефективне використання ігрових даних допомагає розробникам покращувати якість гри, персоналізувати досвід користувачів і приймати обґрунтовані рішення щодо розвитку проєкту.

Аналітика поведінки гравців за допомогою баз даних є одним із найважливіших напрямів сучасної розробки комп'ютерних ігор, оскільки саме дані дозволяють зрозуміти, як гравці взаємодіють з ігровим світом, які механіки викликають зацікавлення, на яких етапах користувачі втрачають мотивацію та які елементи гри потребують удосконалення. Якщо раніше оцінювання якості гри значною мірою ґрунтувалося на тестуванні, відгуках гравців і суб'єктивних враженнях розробників, то сьогодні ігрова індустрія активно використовує телеметрію, аналітичні платформи, сховища даних і системи обробки подій у реальному часі. У цьому контексті база даних виступає не просто місцем збереження інформації, а центральним інструментом для перетворення ігрових подій на корисні висновки. Саме завдяки базам даних можна накопичувати великі обсяги інформації про дії гравців, аналізувати їх у динаміці та приймати рішення щодо балансу, складності, монетизації, персоналізації й утримання аудиторії.

Поведінка гравця у грі складається з великої кількості дій: запуск гри, вибір режиму, проходження рівня, перемога або поразка, купівля предмета, взаємодія з іншими користувачами, зміна налаштувань, вихід із гри тощо. Кожна така дія може бути зафіксована як подія, тобто окремий запис у базі даних. У сучасних ігрових системах події часто збираються автоматично за допомогою SDK або власних телеметричних модулів. Наприклад, Unity Analytics описує можливості збору даних про поведінку користувачів, сегментацію аудиторії, A/B-тестування та аналіз основних показників залучення, що демонструє важливість аналітики як частини процесу розробки гри [1].

Одним із головних завдань бази даних у системі ігрової аналітики є збереження телеметрії. Телеметрія – це інформація про те, що відбувається під час гри: координати персонажа, час проходження рівня, кількість спроб, використані предмети, отримані пошкодження, виконані завдання, взаємодії з меню, покупки або перегляд рекламних оголошень. Такі дані можуть бути дуже різноманітними, тому для їх збереження використовують різні типи баз даних. Реляційні бази даних, наприклад PostgreSQL або MySQL, добре підходять для структурованих сутностей: профілів користувачів, таблиць результатів, інвентарю, історії платежів, списків досягнень. Натомість NoSQL-рішення, потокові сховища або колоночні бази даних можуть бути ефективнішими для великих обсягів подій, які надходять у режимі реального часу.

Аналітика поведінки гравців має особливу цінність для вдосконалення ігрового дизайну. Наприклад, якщо база даних показує, що значна частина гравців залишає гру після третього рівня, це може свідчити про занадто різке зростання складності, неочевидне завдання або технічну проблему. Якщо гравці масово використовують лише один тип зброї або одну стратегію, це може означати порушення балансу. Якщо більшість користувачів не відкриває певний режим гри, розробники можуть змінити інтерфейс, навчання або систему винагород. У дослідженні, присвяченому інтенсивному набору даних поведінки гравців у грі PowerWash Simulator, підкреслюється, що поєднання детальних ігрових подій із відповідями гравців щодо психологічного стану створює можливості для глибокого статистичного моделювання взаємозв'язку між грою та досвідом користувача [2].

Важливим напрямом є аналіз утримання користувачів, або retention. Для більшості сучасних ігор, особливо мобільних і онлайн-проектів, недостатньо лише залучити гравця. Потрібно зрозуміти, чи повертається він наступного дня, через тиждень або через місяць. У базі даних для цього зберігаються дати першого запуску, останньої активності, кількість і тривалість ігрових сесій, прогрес, покупки та реакції на оновлення. На основі цих даних обчислюють показники Day 1 retention, Day 7 retention, середню тривалість сесії, частоту повернень і ймовірність відтоку. Якщо аналітика показує, що гравці швидко втрачають інтерес, розробники можуть змінити перші рівні, додати навчання, покращити винагороди або скоротити шлях до першого значущого досягнення. У цьому випадку база даних стає інструментом не лише збереження історії, а й прогнозування майбутньої поведінки.

Окрему роль відіграє сегментація гравців. Не всі користувачі поведуться однаково: одні грають щодня, інші заходять лише час від часу; одні прагнуть змагатися, інші досліджують світ; одні купують внутрішньоігрові предмети, інші користуються тільки безкоштовним контентом. База даних дозволяє поділити гравців на групи за активністю, стилем гри, рівнем майстерності, витратами, улюбленими режимами або ризиком відтоку. Наприклад, можна створити сегмент новачків, які не завершили навчання, сегмент активних гравців із високим рівнем, сегмент користувачів, які давно не заходили в гру, або сегмент гравців, які часто програють на певному етапі. Такі сегменти допомагають персоналізувати ігровий досвід: одним гравцям можна показати підказки, іншим – складніші завдання, третім – спеціальні події або бонуси. Unity Analytics прямо пов'язує аналітичні інструменти з можливістю сегментувати гравців і налаштовувати досвід для різних аудиторій [1].

Бази даних також використовуються для аналізу ігрової економіки. У багатьох іграх існують ресурси, валюта, предмети, ринок, нагороди, внутрішньоігрові магазини або бойові пропуски. Якщо економіка побудована неправильно, гравці можуть або надто швидко отримувати все необхідне й втрачати інтерес, або навпаки – відчувати надмірний тиск і покидати гру. Аналітична база даних дає змогу відстежувати, скільки валюти заробляють і витрачають гравці, які предмети

купують найчастіше, які нагороди є найпривабливішими, де виникає надлишок або дефіцит ресурсів.

Ще одним важливим аспектом є аналіз складності та балансу. Для цього в базі даних можуть зберігатися результати проходження рівнів, кількість смертей персонажа, середній час завершення місії, частота використання певних навичок, відсоток перемог у PvP-режимах, ефективність зброї або персонажів. Якщо певний рівень проходять лише 10 % гравців, це може означати, що він занадто складний або погано пояснений. Якщо один персонаж має значно вищий відсоток перемог, ніж інші, розробники можуть переглянути його характеристики. Такий підхід дозволяє замінити інтуїтивні припущення конкретними даними. У сучасній розробці це особливо важливо, бо ігри часто змінюються після релізу: виходять патчі, сезонні оновлення, нові режими й персонажі.

Аналітика поведінки гравців може працювати не тільки після завершення ігрової сесії, а й майже в реальному часі. Для великих онлайн-ігор це критично, адже рішення іноді потрібно приймати швидко: виявити збій сервера, помітити аномальну активність, знайти шахрайство, оцінити реакцію на нову подію. Сучасні аналітичні бази даних і платформи обробки подій дозволяють працювати з мільйонами записів і будувати оперативні панелі моніторингу. Наприклад, ClickHouse позиціонує свої рішення для ігрової аналітики як інструменти низьколатентної обробки даних про поведінку гравців, безпеку, довіру та оптимізацію доходу [3]. Це показує, що для сучасних ігор важлива не лише наявність даних, а й швидкість їх обробки.

Під час проєктування бази даних для аналітики поведінки гравців необхідно заздалегідь визначити, які події справді мають цінність. Небажано збирати все без чіткої мети, оскільки надмірна кількість даних ускладнює аналіз, збільшує витрати на збереження та створює ризики для приватності. Доцільно починати з ключових питань: чому гравці залишають гру, які рівні є найскладнішими, які предмети найпопулярніші, як користувачі проходять навчання, які режими утримують найбільше аудиторії. Після цього визначаються події, параметри, структура таблиць або колекцій, індекси, період зберігання даних і правила доступу.

Особливої уваги потребує якість даних. Якщо події записуються з помилками, дублюються або надходять із затримкою, аналітика може давати хибні висновки. Наприклад, якщо гра неправильно фіксує завершення рівня, розробники можуть помилково вирішити, що гравці масово не проходять певний етап. Якщо частина подій не потрапляє до бази через втрату інтернет-з'єднання, статистика буде неповною. Тому аналітична система повинна передбачати перевірку даних, обробку помилок, унікальні ідентифікатори подій, часові мітки, контроль версій гри та механізми повторного надсилання. Для мобільних ігор це особливо важливо, оскільки користувач може грати без стабільного підключення до мережі. У таких випадках події тимчасово зберігаються локально, а потім передаються на сервер.

Аналітика поведінки гравців за допомогою баз даних також має значення для виявлення шахрайства. У багатокористувацьких іграх гравці можуть використовувати боти, стороннє програмне забезпечення, експлуатувати або маніпулювати з внутрішньоігровою економікою. База даних дозволяє виявляти нетипові шаблони: надто швидке проходження рівнів, аномальну кількість ресурсів, підозріло часті перемоги, повторювані дії з однаковими часовими інтервалами. На основі таких даних будуються системи виявлення аномалій. Вони можуть працювати як за простими правилами, так і за допомогою машинного навчання. Наприклад, якщо середній гравець отримує певний ресурс за 30 хвилин, а окремих користувач накопичує його вдесятеро швидше, система може позначити такий випадок для перевірки. У цьому сенсі база даних підтримує не лише дизайн і маркетинг, а й чесність і безпеку ігрового середовища.

Бази даних також відкривають можливості для персоналізації. Якщо система знає, що гравець часто програє на певному типі завдань, вона може запропонувати підказку або легший варіант. Якщо користувач віддає перевагу дослідженню світу, гра може рекомендувати додаткові місії. Якщо гравець активно бере участь у PvP, йому можна показувати релевантні події або турніри. Проте персоналізація повинна бути обережною. З одного боку, вона покращує досвід, з іншого - може створити відчуття маніпуляції, якщо використовується виключно для стимулювання покупок. Тому аналітика має застосовуватися відповідально. Її метою повинно бути підвищення якості гри, а не лише збільшення часу перебування користувача в системі.

З практичного погляду типова архітектура аналітики поведінки гравців складається з кількох рівнів. На першому рівні ігровий клієнт або сервер генерує події. На другому рівні ці події передаються через API або чергу повідомлень. На третьому рівні вони потрапляють у базу даних або сховище подій. Далі відбувається очищення, агрегація та підготовка даних для аналізу. Завершальним етапом є побудова звітів, панелей моніторингу, моделей прогнозування або автоматичних рекомендацій. Для невеликої гри достатньо простішої архітектури з реляційною базою даних і базовими звітами. Для великої онлайн-гри потрібні масштабовані сховища, потокова обробка, окремі аналітичні бази та інструменти машинного навчання.

Отже, аналітика поведінки гравців за допомогою баз даних є важливою складовою сучасної ігрової індустрії. Вона дозволяє розробникам бачити реальну поведінку користувачів, а не лише припускати, що їм подобається або не подобається.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Unity Technologies, "Unity Analytics," *Unity Documentation*, 2026. Accessed: May 15, 2026.
- [2] M. Johannes, V. N. L. et al., "An intensive longitudinal dataset of in-game player behaviour and well-being in PowerWash Simulator," *Scientific Data*, vol. 10, 2023.
- [3] ClickHouse, "ClickHouse for gaming analytics and telemetry," 2026. Accessed: May 15, 2026.
- [4] M. Krath, L. Schürmann, and H. F. O. von Korflesch, "A Security-Focused Architecture for Gameplay Telemetry in Serious Games," in *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 2024.

УДК 004.92

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТРИВИМІРНИХ ЛАНДШАФТІВ НА ОСНОВІ ШУМІВ ПЕРЛІНА

РОМАНЮК О. Н., МАЙДАНЮК В. П., МАРКЕВИЧ Д. В.
(maidaniuk2000@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто проблематику створення реалістичних віртуальних середовищ у комп'ютерній графіці та відеоіграх. Запропоновано архітектурне та алгоритмічне рішення програмного засобу для процедурної генерації тривимірних ландшафтів з використанням алгоритму шуму Перліна. Проаналізовано переваги процедурного підходу порівняно з ручним моделюванням, зокрема оптимізацію витрат обчислювальних ресурсів, економію пам'яті та забезпечення безмежної унікальності згенерованих локацій. Досліджено вплив базових параметрів математичного шуму на формування різноманітних типів рельєфу.

Вступ. Сфера комп'ютерної графіки, відеоігор та систем віртуальної реальності є одним із найбільш динамічно зростаючих секторів сучасної індустрії програмного забезпечення, а вимоги до масштабів та реалістичності віртуальних світів постійно підвищуються [1]. Традиційні підходи до створення ігрових рівнів переважно покладаються на ручне 3D-моделювання: вони вимагають великих витрат часу та суттєво обмежують розміри локацій через високе споживання пам'яті [2]. Тому актуальною є розробка програмного засобу для процедурної генерації тривимірних ландшафтів на основі шумів Перліна, що дозволяє автоматизувати процес створення унікальних, оптимізованих та безмежних віртуальних середовищ.

Основна частина. Ключовою технічною проблемою під час розроблення програмних застосунків для 3D-графіки є забезпечення високої продуктивності при рендерингу складних сцен. Традиційні підходи, що базуються на використанні заздалегідь підготовлених статичних моделей із високою полігональністю, виявляються малоефективними для побудови безмежних віртуальних світів через обмеження оперативної та відеопам'яті робочих станцій [3]. У зв'язку з цим програмний засіб повинен забезпечувати динамічне формування полігональної сітки (mesh) та її

оновлення в режимі реального часу із використанням апаратного прискорення графічного процесора засобами стандарту OpenGL.

Систему реалізовано мовою Python із застосуванням бібліотеки PyOpenGL [4] для візуалізації та низькорівневої взаємодії з відеокартою. Для забезпечення плавності інтерфейсу під час обчислення просторового шуму та подолання обмежень GIL використано модуль паралельних обчислень, а розрахунки геометрії суттєво прискорено завдяки векторизованим операціям бібліотеки NumPy [5].

Генерація рельєфу базується на багатооктавному алгоритмі шуму Перліна [6], що розраховує висоту кожної вершини базової площини. Комбінування шарів шуму з налаштуванням частоти, амплітуди, лакуарності та персистенції дозволяє користувачу в реальному часі гнучко керувати деталізацією ландшафту, після чого автоматично перераховуються нормалі для коректного динамічного освітлення.

Функцію візуалізації біомів реалізовано шляхом процедурного текстурювання та розфарбовування ландшафту залежно від висоти та кута нахилу поверхні [6]. Фільтрація кольорових значень відбувається за встановленими висотними порогами, що дозволяє автоматично формувати різні природні зони: глибока вода, мілководдя, піщані береги, трав'янисті рівнини, скелясті схили та засніжені вершини. Використання користувацьких фрагментних шейдерів забезпечує плавні переходи між біомами та високу продуктивність рендерингу без необхідності завантаження важких текстурних карт.

Для обґрунтування переваг обраного підходу було проведено порівняльний аналіз архітектурних особливостей популярних існуючих інструментів моделювання та запропонованого програмного рішення. Результати порівняння за ключовими критеріями наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика інструментів генерації 3D-ландшафтів

Критерії порівняння	World Machine	Unity Terrain	Статичні 3D-моделі	Запропоноване рішення
Процедурна генерація	Так	Так	Ні	Так
Відкритий сирцевий код та безкоштовність	Ні	Ні	Так	Так
Зміна параметрів у реальному часі	Ні	Так	Ні	Так
Відсутність інсталяції (легковажність)	Ні	Ні	Ні	Так

Детальний аналіз даних, наведених у таблиці 1, дозволяє виявити специфіку кожного з рішень. Професійні генератори на кшталт World Machine є еталонними у створенні реалістичних ландшафтів, проте вимагають встановлення окремого важкого програмного забезпечення та тривалого часу на рендеринг. Інструменти ігрових рушіїв орієнтовані на комплексну розробку, і їх використання виключно для генерації є надлишковим. Статичні 3D-моделі повністю позбавлені можливості процедурних змін. Запропоноване рішення на базі Python об'єднує гнучкість процедурної генерації в реальному часі, незалежність від пропрієтарних рушіїв та легке розгортання.

Висновки. Розроблено програмний засіб для процедурної генерації тривимірних ландшафтів, що поєднує математичне моделювання на основі багатооктавного шуму Перліна, динамічне формування біомів та можливість зміни параметрів рельєфу в реальному часі. Використання мови програмування Python у поєднанні з графічною бібліотекою PyOpenGL та модулем паралельних обчислень забезпечує високу продуктивність рендерингу складних просторових структур, не перевантажуючи головний потік виконання. Відсутність необхідності встановлення важких ігрових рушіїв чи комерційного ПЗ забезпечує кросплатформність, високу доступність та практичну цінність рішення для дослідників та розробників віртуальних середовищ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. D. S. Ebert, F. K. Musgrave, D. Peachey, K. Perlin, and S. Worley, Texturing & Modeling: A Procedural Approach, 3rd ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann, 2003.
2. R. M. Smelik, T. Tutenel, R. Bidarra, and J. Beneš, "A survey on declarative modeling of virtual worlds," IEEE Trans. Comput. Intell. AI Games, vol. 6, no. 1, pp. 1–21, 2014.
3. D. Shreiner, G. Sellers, J. Kessenich, and B. Licea-Kane, OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL, 8th ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Professional, 2013.

4. "PyOpenGL Documentation," [Online]. Available: <https://pyopengl.sourceforge.net/>. Accessed: Apr. 9, 2026.
5. C. R. Harris et al., "Array programming with NumPy," Nature, vol. 585, no. 7825, pp. 357–362 2020.
6. K. Perlin, "An image synthesizer," ACM SIGGRAPH Comput. Graph., vol. 19, no. 3, pp. 287–296, 1985.

УДК 004:616-08:159.9

ЗАЛЕЖНІСТЬ КІЛЬКОСТІ ПЕРСОНАЖІВ ВІД СКЛАДНОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

ТЕРЕНЧУК А.Т. (anateren59@gmail.com)

РОМАНЮК С.О. (romaniukoksnav@gmail.com)

Національний університет «Одеська політехніка»

У роботі досліджено залежність кількості персонажів від складності комп'ютерної гри та її вплив на продуктивність системи. Проаналізовано основні етапи обробки персонажів у сучасних ігрових рушіях, зокрема геометричне моделювання, анімацію, освітлення, фізичні обчислення та алгоритми штучного інтелекту. Визначено, що зі збільшенням кількості персонажів суттєво зростає навантаження на центральний і графічний процесори, оперативну пам'ять та мережеву інфраструктуру. Розглянуто методи оптимізації, серед яких рівні деталізації LOD, інстансинг, оклюзійне відсікання та багатопотокові обчислення. Показано, що використання сучасних технологій дозволяє підтримувати стабільну частоту кадрів навіть у складних інтерактивних сценах.

Залежність кількості персонажів від складності гри [1-7] є одним із важливих аспектів сучасної комп'ютерної графіки та розробки інтерактивних систем. Кількість об'єктів, які одночасно присутні у сцені, безпосередньо впливає на продуктивність графічної системи, швидкість обробки даних, використання оперативної пам'яті та навантаження на центральний і графічний процесори. У сучасних ігрових застосунках персонажі є не лише візуальними елементами сцени, а й складними програмними структурами, що містять геометричні моделі, текстури, системи анімації, алгоритми поведінки, фізичні характеристики та модулі взаємодії з навколишнім середовищем. Саме тому зі збільшенням кількості персонажів складність гри зростає не лише лінійно, а в багатьох випадках набуває нелінійного характеру.

У ранніх комп'ютерних іграх кількість персонажів була обмеженою через низьку продуктивність апаратного забезпечення. Двовимірні аркадні системи та перші тривимірні ігри використовували мінімальну кількість об'єктів, оскільки кожен додатковий персонаж вимагав значних обчислювальних ресурсів. Із розвитком графічних процесорів ситуація суттєво змінилася. Сучасні GPU здатні виконувати мільярди операцій за секунду, що дозволило збільшити деталізацію моделей та кількість одночасно активних персонажів. Проте навіть сучасне обладнання має обмеження, а тому проблема оптимізації сцени залишається актуальною.

Кожний персонаж у тривимірній грі проходить кілька етапів обробки. Спочатку формується геометрична модель, яка складається з полігонів. Чим більш деталізований персонаж, тим більшу кількість полігонів містить його модель. Наприклад, персонажі сучасних AAA-ігор можуть містити сотні тисяч полігонів. Після цього виконується текстурювання, накладання матеріалів та освітлення. На наступному етапі застосовується система анімації, яка може включати скелетну анімацію, морфінг та процедурні алгоритми руху. Крім того, необхідно реалізувати фізичну взаємодію персонажа із середовищем: обробку зіткнень, динаміку руху, гравітацію та інші фізичні ефекти. Важливим компонентом є також штучний інтелект, який забезпечує поведінку персонажів та їхню взаємодію між собою.

Зі збільшенням кількості персонажів у сцені зростає кількість операцій рендерингу. Для кожного об'єкта необхідно виконати трансформації координат, обчислення освітлення, визначення видимості та растеризацію полігонів. Якщо сцена містить сотні або тисячі персонажів, то навантаження на систему стає критичним. У результаті може знижуватися частота кадрів, з'являтися затримки в управлінні та погіршуватися загальна плавність ігрового процесу. Саме тому в сучасних ігрових рушіях застосовують різноманітні методи оптимізації.

Одним із найпоширеніших методів є використання рівнів деталізації LOD (Level of Detail). Його суть полягає у тому, що для віддалених персонажів використовуються спрощені моделі з меншою кількістю полігонів. Коли персонаж знаходиться близько до камери, застосовується високодеталізована модель. Це дозволяє значно зменшити кількість обчислень без помітного погіршення якості зображення. Іншим ефективним методом є оклюзійне відсікання, при якому система не рендерить об'єкти, приховані іншими елементами сцени. Також широко використовують інстансинг — технологію, що дозволяє багаторазово відображати однакові об'єкти без дублювання геометричних даних у пам'яті.

Суттєвий вплив на складність гри має штучний інтелект [4] персонажів. У простих іграх поведінка об'єктів реалізується за допомогою примітивних алгоритмів, заснованих на умовних операторах. У сучасних проєктах використовують дерева поведінки, нейронні мережі, системи прийняття рішень та адаптивні алгоритми. Кожен додатковий персонаж потребує виконання логічних операцій, аналізу середовища та взаємодії з іншими об'єктами. Через це навантаження на центральний процесор збільшується навіть швидше, ніж графічне навантаження.

Особливо складною є ситуація у багатокористувацьких онлайн-іграх. У масових багатокористувацьких системах одночасно можуть взаємодіяти сотні або тисячі гравців. У цьому випадку, окрім графічних обчислень, виникає потреба у синхронізації даних через мережу. Сервер повинен постійно оновлювати інформацію про положення персонажів, їхній стан, анімації та дії. Зі збільшенням кількості учасників зростає мережеве навантаження та обсяг переданих даних. Для зменшення навантаження використовують кластеризацію серверів, балансування трафіку та алгоритми прогнозування руху.

У сучасних ігрових рушіях, таких як Unity та Unreal Engine, застосовуються багаторівневі системи оптимізації. Використання багатопотокових обчислень дозволяє розподіляти навантаження між ядрами процесора, а сучасні графічні API забезпечують ефективну взаємодію між CPU та GPU. Значний внесок у підвищення продуктивності роблять також технології трасування променів, адаптивного освітлення та процедурної генерації контенту.

Зростання кількості персонажів також впливає на художню складову гри [2]. Розробники змушені знаходити баланс між візуальною якістю та продуктивністю. Надмірна деталізація персонажів може призвести до критичного зниження частоти кадрів навіть на потужному обладнанні. Саме тому важливим етапом розробки є профілювання продуктивності та оптимізація ресурсів.

Отже, кількість персонажів є одним із головних параметрів, що визначають складність комп'ютерної гри. Зі збільшенням кількості об'єктів сцени суттєво зростає навантаження на графічну систему, процесор, оперативну пам'ять та мережеву інфраструктуру. Для забезпечення стабільної роботи сучасні ігрові рушії використовують широкий спектр алгоритмів оптимізації, що дозволяють підтримувати високу продуктивність навіть у складних інтерактивних середовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Романюк О. Н., Джаман М. В., Ціхановська О. М. Аналіз ринку відеоігор // Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Одеса : ОНТУ, 2023. С. 145–148.
- [2] Романюк О. Н., Захарчук М. Д., Котлик С. В., Стахов О. Я. Етапи створення тривимірних ігор // Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації : матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів, 28–29 вересня 2023 р., Одеса. Одеса : ОНТУ, 2023. С. 78–80.
- [3] Завальнюк Є. К., Романюк О. Н., Шевчук Р. Особливості розробки тривимірних ігор // Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації : матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів, 28–29 вересня 2023 р., Одеса. Одеса : ОНТУ, 2023. С. 254–256.
- [4] Романюк О. Н., Сацюк І. А. Особливості використання штучного інтелекту в комп'ютерних іграх // Інформаційні технології та автоматизація – 2024 : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Одеса : ОНТУ, 2024. С. 112–115.
- [5] Романюк О. Н., Котлик С. В. Використання технологій DLSS і FSR для підвищення продуктивності ігор // Інформаційні технології та автоматизація – 2024 : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Одеса : ОНТУ, 2024. С. 97–101.
- [6] Базалицький М. Р., Романюк О. Н., Майданюк В. П. Методи та програмні засоби оброблення полігональних моделей анімаційних зображень // Information Technologies and

Automation : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Odessa : ONAFT, 2023. С. 201–205.

[7] Романюк О. Н., Романюк О. В. Особливості гейміфікації навчання // Інноваційні технології в освіті та науці : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Вінниця : ВНТУ, 2024. С. 54–58.

УДК 004.94:004.272

ВИКОРИСТАННЯ РОЗПАРАЛЕЛЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

РОМАНЮК О.Н.¹ (rom8591@gmail.com), МАЙДАНЮК В.П.¹,
БОБКО О. Л.¹ (oleksii.bobko@gmail.com), КОТЛИК С.В.²

¹Вінницький національний технічний університет

²Одеський національний технологічний університет

Розвиток сучасних комп'ютерних ігор безпосередньо пов'язаний із використанням високопродуктивних обчислювальних технологій, серед яких особливе місце займають паралельні обчислення. Зростання вимог до якості графіки, реалістичності фізичних процесів, складності штучного інтелекту та масштабності ігрових світів обумовлює необхідність ефективного використання апаратних ресурсів. Одним із важливих напрямів підвищення продуктивності є розпаралелення обчислень, яке дозволяє виконувати значну кількість операцій одночасно, що особливо важливо для задач комп'ютерної графіки та ігрових симуляцій. Паралельні обчислення стали базовою технологією в сучасних обчислювальних системах, оскільки багатоядерні процесори та графічні прискорювачі забезпечують значно вищу ефективність у порівнянні з послідовними обчисленнями [9].

Ключові слова: розпаралелення обчислень, комп'ютерні ігри, GPU, рендеринг, паралельні обчислення

У комп'ютерних іграх розпаралелення використовується на різних рівнях: від низькорівневих операцій обробки графіки до високорівневих систем штучного інтелекту та фізичного моделювання. Одним із основних компонентів є використання графічних процесорів, які спочатку були розроблені для обробки графіки, але з часом стали універсальними обчислювальними пристроями. Концепція GPGPU передбачає використання графічних процесорів для задач, що традиційно виконувались центральними процесорами, що дозволяє значно підвищити швидкість обробки даних [9]. Архітектура GPU характеризується наявністю великої кількості обчислювальних ядер, які здатні виконувати однотипні операції над великими масивами даних, що ідеально підходить для задач рендерингу, обробки текстур та фізичних симуляцій.

У процесі формування тривимірних сцен значна частина обчислень може бути ефективно розпаралелена. Зокрема, обчислення освітлення, тіней, відбиттів, а також трансформації геометричних об'єктів виконуються незалежно для великої кількості елементів сцени. Це дозволяє реалізувати паралельні алгоритми, які значно прискорюють процес рендерингу. Використання паралельних структур при формуванні тривимірних графічних сцен дозволяє підвищити продуктивність системи та оптимізувати використання апаратних ресурсів [1].

Важливим аспектом є те, що ефективність паралельних обчислень досягається завдяки використанню різних методів розпаралелення. Одним із найпоширеніших є метод паралелізації даних, який передбачає одночасну обробку великої кількості однотипних елементів. У комп'ютерних іграх цей підхід використовується для рендерингу пікселів, обробки вершин, текстур і частинок, що дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси GPU. Саме цей підхід лежить в основі сучасних графічних API та технологій CUDA і OpenCL [3].

Іншим важливим методом є паралелізація задач, яка передбачає одночасне виконання різних підсистем гри. У сучасних іграх окремі потоки можуть відповідати за фізичне моделювання, штучний інтелект, звук, мережеву взаємодію та інші компоненти. Це дозволяє ефективно використовувати багатоядерні процесори, однак потребує складних механізмів синхронізації [6].

Широко використовується також конвеєрна паралелізація, яка реалізується у графічному конвеєрі. Обробка даних розбивається на етапи, які виконуються паралельно для різних наборів даних. Це дозволяє значно підвищити пропускну здатність системи та забезпечити безперервність обчислювального процесу.

Апаратно-орієнтовані методи, такі як SIMD, дозволяють виконувати одну інструкцію над кількома даними одночасно. Вони застосовуються як у CPU, так і в GPU, і є особливо ефективними для обробки векторних і матричних операцій, що широко використовуються в комп'ютерній графіці. У свою чергу, метод MIMD забезпечує виконання різних інструкцій над різними даними, що дозволяє реалізувати складні сценарії паралельних обчислень у багатоядерних системах.

Гібридні підходи поєднують можливості CPU та GPU, що є характерним для сучасних ігрових рушіїв. Частина задач виконується на CPU, тоді як інша – на GPU, що дозволяє досягти оптимального балансу між гнучкістю та продуктивністю. Дослідження показують, що такі підходи є найбільш ефективними для обробки складних графічних сцен [8].

Методи розбиття простору та об'єктів також широко застосовуються в іграх. Ігровий світ може бути поділений на окремі області, які обробляються незалежно, або ж об'єкти сцени можуть обчислюватися паралельно. Це особливо ефективно для великих відкритих світів. Окремо слід виділити методи паралельної обробки систем частинок, які дозволяють моделювати складні ефекти в реальному часі.

Асинхронні обчислення дозволяють виконувати допоміжні задачі у фоновому режимі, що зменшує затримки та підвищує загальну продуктивність системи. Водночас важливу роль відіграють методи балансування навантаження, які забезпечують рівномірний розподіл задач між обчислювальними ресурсами. Методи синхронізації, такі як mutex, бар'єри та безблокувальні структури даних, забезпечують коректність роботи паралельних систем.

Значна роль розпаралелення проявляється у фізичному моделюванні. Сучасні ігрові рушії реалізують складні фізичні моделі, включаючи взаємодію твердих тіл, рідин та газів. Такі задачі потребують значних обчислювальних ресурсів і ефективно реалізуються за допомогою GPU. Наприклад, системи частинок можуть оброблятися паралельно, що дозволяє моделювати тисячі об'єктів у реальному часі [3].

У системах штучного інтелекту також активно використовується розпаралелення. Це дозволяє обробляти поведінку великої кількості агентів одночасно. Однак ефективність такого підходу залежить від характеру задачі та рівня незалежності обчислень.

Сучасні ігрові рушії активно підтримують паралельні обчислення. Вони використовують compute shaders, багатопотокову обробку та оптимізовані алгоритми для роботи з GPU. Це дозволяє реалізовувати складні графічні ефекти, такі як трасування променів, глобальне освітлення та процедурна генерація контенту [4].

Окрім переваг, розпаралелення має і певні труднощі. До них належать складність програмування, проблеми синхронізації, необхідність оптимізації алгоритмів та обмеження, пов'язані з передачею даних між CPU та GPU. Не всі задачі ефективно піддаються паралелізації, особливо ті, що мають складні залежності.

Незважаючи на це, роль паралельних обчислень постійно зростає. Сучасні технології, такі як трасування променів, віртуальна реальність та хмарні ігри, потребують значних обчислювальних ресурсів. У цих умовах розпаралелення є важливим інструментом забезпечення продуктивності.

Таким чином, використання розпаралелення в комп'ютерних іграх є фундаментальною складовою сучасних ігрових технологій. Воно дозволяє підвищити продуктивність, ефективно використовувати ресурси та реалізовувати складні алгоритми в реальному часі. Подальший розвиток цієї галузі пов'язаний із удосконаленням апаратних і програмних засобів, а також розробкою нових методів паралельних обчислень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. Н. Романюк, О. О. Бобко, О. В. Романюк, "Features of parallelizing the computing process of forming three-dimensional graphic scenes," у *Science, Engineering and Technology: Global Trends, Problems and Solutions*, 2024, с. 44–52.
- [2] О. Н. Романюк, *Комп'ютерна графіка: навчальний посібник*. Вінниця: ВНТУ, 2023, 256 с.

- [3] Д. П. Кучеров, К. О. Моргун, Л. С. Онікієнко, "Tools for parallel computing in computer graphic tasks," *Системи управління, навігації та зв'язку*, № 4(50), с. 118–122, 2018.
- [4] А. В. Чорний, "Дослідження методів роботи з GPU Nvidia в середовищі Unreal Engine 4," магістерська дис., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2022.
- [5] В. І. Матяш, "Програмна система паралельних обчислень на базі Nvidia CUDA," магістерська дис., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2019.
- [6] Г. А. Кучаковська, "Аналіз переваг і викликів використання паралельних обчислень," *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 97, № 3, с. 45–57, 2025.
- [7] О. Н. Романюк, О. Л. Бобко, "Особливості програмного розпаралелення рендерингу," у *Сучасний стан та перспективи розвитку науки, освіти і технологій: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.*, Кременчук, 4 січня 2025 р., ч. 2, с. 67–68.
- [8] О. Л. Бобко, О. Н. Романюк, "Використання розпаралелення в графічних станціях," у *Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі: матеріали XVIII Всеукр. наук.-практ. WEB-конф.*, Кривий Ріг, 25–27 березня 2025 р., с. 29–32.
- [9] J. D. Owens et al., "A survey of general-purpose computation on graphics hardware," *Computer Graphics Forum*, vol. 26, no. 1, pp. 80–113, 2007.
- [10] D. Storti, M. Yurtoglu, *CUDA for Engineers: An Introduction to High-Performance Parallel Computing*, 2nd ed. Boston: Addison-Wesley, 2023, 576 p

УДК 004.9:61:37

ЗАСТОСУВАННЯ ІОТ-ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ ESP32 ЯК КОНТРОЛЕРІВ У ВІДЕОІГРАХ

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)

ГАНДРИБИДА В. В (gandribidav@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Досліджено технічну можливість використання мікроконтролера ESP32 від Espressif Systems як бездротового ігрового контролера. Описано принцип роботи профілю HID over GATT, що дозволяє пристрою реєструватись як стандартний геймпад через Bluetooth Low Energy. Наведено результати вимірювань затримки передачі даних і порівняння з комерційними контролерами DualShock 4, DualSense, Xbox Series та Switch Pro. Показано, що при оптимальному налаштуванні параметрів BLE-з'єднання затримка ESP32-геймпада складає 15–30 мс, що є прийнятним для більшості ігрових жанрів.

Ігрові контролери останніх поколінь – від DualSense до Xbox Elite – коштують від 60 до 200 доларів, мають закриту прошивку і не передбачають жодної кастомізації під потреби конкретного користувача. Для людей з особливими потребами це справжній бар'єр: стандартне розташування кнопок часто просто не підходить. Microsoft випустила Xbox Adaptive Controller, але він теж не є дешевим рішенням. Паралельно зростає інтерес до serious games, фізичної реабілітації через ігри та навчальних симуляторів, де потрібен контролер із нестандартними датчиками – акселерометрами, датчиками тиску, потенціометрами. Все це є основою для пошуку відкритої та недорогої платформи для побудови власних ігрових пристроїв введення.

Мета роботи – технічно обґрунтувати застосування мікроконтролера ESP32 як BLE HID-геймпада, кількісно оцінити затримку введення та порівняти її з показниками комерційних контролерів.

ESP32 – це SoC від тайванської компанії Espressif Systems із двоядерним процесором Xtensa LX6 (до 240 МГц), 520 КБ SRAM та вбудованими модулями Wi-Fi і Bluetooth 4.2 BR/EDR+LE [1]. Для підключення аналогових джойстиків є два 12-бітних АЦП сумарно на 18 каналів, а шина I²C на 400 кГц дозволяє зчитувати дані з інерціальних датчиків руху. Модуль коштує 3–5 доларів, що робить його одним із найдешевших рішень для IoT-проектів. Новіші варіанти ESP32-S3 і ESP32-S3 розширюють можливості, але навіть базовий ESP32 цілком достатній для реалізації геймпада.

Щоб комп'ютер або смартфон «побачив» ESP32 як геймпад, використовується профіль HOGP (HID over GATT Profile) – специфікація Bluetooth SIG, що інкапсулює стандартний USB-HID у GATT-сервіси BLE [2]. На практиці це означає, що пристрій оголошує три обов'язкових сервіси: HID Service (UUID 0x1812), Battery Service та Device Information Service. Головна характеристика – Report Map – містить байтовий HID-дескриптор, ідентичний за форматом USB-геймпаду. Завдяки цьому Windows, Linux, macOS та Android розпізнають ESP32 як звичайний контролер без встановлення будь-яких драйверів. Єдиний виняток – iOS, яка вимагає MFi-сертифікації від Apple.

Найпопулярнішою бібліотекою для реалізації BLE-геймпада є ESP32-BLE-Gamepad авторства lemmingDev [3], побудована поверх стеку NimBLE [4]. За документацією, вона підтримує до 128 кнопок, 6 осей із 16-бітною роздільністю, 4 хат-перемикачі (D-pad), слайдери та елементи симуляції – газ, гальмо, кермо. Вибір NimBLE замість стандартного стеку Bluedroid не випадковий: за вимірюваннями розробників, NimBLE споживає приблизно на 100 КБ менше оперативної пам'яті та на 50% менше Flash-пам'яті [4], що критично, коли паралельно працює зчитування з IMU-датчиків та фільтрація сигналів.

Типовий програмний цикл роботи такого контролера виглядає наступним чином: спершу зчитуються стани кнопок через digitalRead(), потім – аналогові значення джойстиків через analogRead із усередненням п'яти вимірювань для зменшення шуму АЦП. Далі формується HID-звіт і відправляється через BLE-нотифікацію. Інтервал між звітами – зазвичай 5–10 мс. На апаратному рівні прототип складається з модуля ESP32-WROOM-32, двох аналогових джойстиків типу KY-023, 8–12 тактових кнопок, Li-Ion акумулятора 3.7 В з контролером заряду TP4056 та перетворювача USB-UART (CH340 або CP2102) для завантаження прошивки [5].

Важливе питання для будь-якого ігрового контролера – затримка (input lag). У BLE вона безпосередньо залежить від параметра connection interval, який згідно зі специфікацією Bluetooth Core може становити від 7,5 мс до 4 с із кроком 1,25 мс [2]. На практиці для HID-пристроїв встановлюють мінімальне значення 7,5 мс із параметром slave latency = 0, щоб контролер відповідав на кожну подію з'єднання. Тут важливо розуміти: сам радіоканал BLE вносить затримку лише 3–8 мс, але основне «вузьке місце» – це HID-стек операційної системи.

Для об'єктивного порівняння в табл. 1 зведено дані вимірювань затримки різних контролерів за даними Electric UI (апаратний тестер, точність ± 1 мс) [6] та результати проєкту BlueRetro [7].

Таблиця 1 – Порівняння затримки введення ігрових контролерів

Контролер	Дріт, мс	Bluetooth, мс	Dongle 2.4 ГГц, мс
DualShock 4	~10,9	~3,8	-
DualSense (PS5)	~13,6	~6,5	PS Link
Xbox Series	~8,3	~12,2	~8,9
Switch Pro	~16,8	~22,2	-
ESP32 BLE Gamepad	-	15–30	-

Відомо, що DualShock 4 та DualSense демонструють нижчу затримку по Bluetooth, ніж по дроту, – це пов'язано з тим, що Sony обмежує USB polling rate до 250 Гц. ESP32 із налаштованим інтервалом з'єднання 7,5 мс показує 15–30 мс на Android та Linux, однак на Windows цей показник зростає до 60–80 мс через особливості ОС-реалізації HID-over-BLE стеку, що підтверджено і в обговореннях на форумі Nordic Semiconductor [8]. Для переважної більшості жанрів – RPG, стратегій, платформерів, перегонових ігор – затримка 15–30 мс цілком непомітна. Обмеження виникає лише у кіберспортивних шутерах, де вимоги до input lag не перевищують 1–8 мс.

Окремий напрямок – управління рухом (motion control). Підключивши до ESP32 модуль MPU-6050 (6-осьовий MEMS: гіроскоп ± 2000 °/с, акселерометр ± 16 g, інтерфейс I²C) або BNO055 (9 осей із вбудованим алгоритмом сенсорної фузії), можна отримати функціональність, аналогічну Joy-Con від Nintendo, який використовує подібний за характеристиками LSM6DS3 [9]. Фільтри Madgwick та Mahony на ESP32 з FPU виконуються за 30–80 мкс на ітерацію, що становить менше 1% навантаження CPU при частоті оновлення 1 кГц. Повний бюджет затримки – від зчитування IMU до реакції на екрані – складає 13–35 мс, що конкурентоспроможно навіть із дрововими контролерами.

Мікроконтролер ESP32 дозволяє створити повнофункціональний бездротовий геймпад із підтримкою 128 кнопок, 6 осей та motion control – і все це за вартість компонентів менше 15 доларів. Затримка введення 15–30 мс на Android та Linux ставить такий контролер між дротовими (1–10 мс) та більшістю комерційних Bluetooth-геймпадів (4–22 мс). Перехід на стек NimBLE забезпечує економію ~100 КБ RAM, що критично для одночасної роботи BLE та IMU-сенсорів. Платформа найкраще підходить для адаптивних контролерів, exergaming-застосунків, sim-racing та навчальних проєктів. Перспективним є дослідження впливу стандарту Bluetooth Core 6.2 (Shorter Connection Intervals, мінімум 375 мкс) на ігрові характеристики –коли цю функцію реалізують у наступних поколіннях SoC Espressif.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Espressif Systems, “ESP32 Series Datasheet,” ver. 5.2, 2024. [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [2] Bluetooth SIG, “HID over GATT Profile Specification,” ver. 1.0, 2011. [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/hid-over-gatt-profile-1-0/>
- [3] lemmingDev, “ESP32-BLE-Gamepad: Bluetooth LE Gamepad library for the ESP32,” GitHub, 2024. [Online]. Available: <https://github.com/lemmingDev/ESP32-BLE-Gamepad>
- [4] h2zero, “NimBLE-Arduino: A fork of the NimBLE stack restructured for Arduino,” GitHub, 2024. [Online]. Available: <https://github.com/h2zero/NimBLE-Arduino>
- [5] S. Pal, “ESP32 BLE GamePad: A DIY handheld Gamepad using ESP32,” Hackster.io, Jan. 2021. [Online]. Available: <https://www.hackster.io/palsayantan/esp32-ble-gamepad-2c92c5>
- [6] Electric UI, “Benchmarking latency across common wireless links for microcontrollers,” ElectricUI, Feb. 2024. [Online]. Available: <https://electricui.com/blog/latency-comparison>
- [7] dathcloud, “BlueRetro: Multiplayer Bluetooth controllers adapter,” Hackaday.io, 2020. [Online]. Available: <https://hackaday.io/project/170365-blueretro>
- [8] Nordic Semiconductor, “Unusually high BLE connection latency,” Nordic DevZone, 2024. [Online]. Available: <https://devzone.nordicsemi.com>
- [9] D. Hercog, B. Šafarič, and K. Jezernik, “Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices,” *Sensors*, vol. 23, no. 15, Art. no. 6739, Jul. 2023, doi: 10.3390/s23156739

УДК 004.9:61:37

ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕДУРНИХ ТЕКСТУР У КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)
НОВОСЕЛЬЦЕВ О.О. (sasha_novoseltsev@icloud.com)
Вінницький національний технічний університет
КОТЛИК С.В. (sergknet@gmail.com)
Одеський національний технологічний університет

Розглянуто особливості використання процедурних текстур у комп'ютерних іграх, їх принципи побудови та основні переваги порівняно з традиційними растровими текстурами. Проаналізовано вплив процедурної генерації на продуктивність, якість візуалізації та ефективність використання пам'яті в сучасних ігрових рушіях. Визначено перспективи розвитку підходу, зокрема інтеграцію з методами машинного навчання для.

Використання процедурних текстур [1-4] у комп'ютерних іграх є важливим напрямом розвитку сучасної комп'ютерної графіки, оскільки воно дозволяє ефективно поєднати високу якість візуалізації з оптимізацією ресурсів. Процедурні текстури — це текстури, що генеруються алгоритмічно за допомогою математичних моделей, а не зберігаються у вигляді растрових зображень. Такий підхід широко застосовується в ігровій індустрії для створення природних поверхонь, таких як камінь, дерево, метал, хмари або вогонь.

Основною перевагою процедурних текстур є їх компактність і незалежність від роздільної здатності. На відміну від традиційних текстур, що займають значний обсяг пам'яті, процедурні

моделі зберігаються у вигляді набору параметрів і функцій, що дозволяє зменшити використання пам'яті на порядки. Крім того, такі текстури не мають фіксованого розміру і можуть генеруватися з довільною деталізацією без втрати якості при масштабуванні. Це особливо важливо для сучасних ігор з відкритим світом, де потрібно відображати великі простори без видимих повторів або швів.

Ще однією важливою характеристикою процедурних текстур є їх параметричність. Один і той самий алгоритм може генерувати безліч варіантів текстур шляхом зміни параметрів, що дозволяє створювати варіативні сцени без збільшення обсягу даних. Наприклад, використання шумових функцій, таких як Perlin noise, дає змогу моделювати складні природні явища — дим, хмари або рельєф поверхонь. Це забезпечує високий рівень реалістичності та унікальності ігрового середовища.

У комп'ютерних іграх процедурні текстури часто застосовуються для генерації великих природних сцен — ландшафтів, рослинності, води та атмосферних ефектів. Завдяки алгоритмічному підходу розробники можуть створювати практично нескінченні варіації середовищ, що особливо актуально для ігор з відкритим світом або процедурною генерацією рівнів. Крім того, процедурні текстури використовуються для усунення ефекту повторюваності, який часто виникає при використанні звичайних текстур.

Важливою перевагою є також можливість генерації текстур у реальному часі або під час завантаження гри. Це дозволяє зменшити розмір ігрових файлів і забезпечити адаптивність візуального контенту до різних апаратних платформ. Однак такий підхід має і певні недоліки. Генерація текстур у реальному часі потребує додаткових обчислювальних ресурсів, що може впливати на продуктивність, особливо на слабких пристроях. Тому на практиці часто використовується комбінований підхід: процедурні текстури генеруються заздалегідь (baking) і зберігаються як звичайні зображення.

З точки зору сприйняття користувачем, процедурні текстури дозволяють створювати більш природні та різноманітні візуальні ефекти. Дослідження показують, що такі текстури можуть описуватися через перцептивні характеристики, такі як “регулярність”, “структурованість” або “напрявленість”, що полегшує їх використання дизайнерами. Це відкриває можливості для створення інтуїтивних інструментів генерації текстур, де користувач задає бажані властивості, а система автоматично підбирає параметри моделі.

Останні тенденції розвитку процедурних текстур пов'язані з інтеграцією штучного інтелекту та методів машинного навчання. Сучасні підходи дозволяють генерувати текстури на основі прикладів або семантичних описів, що значно спрощує процес створення контенту. Також активно розвиваються нейросимвольні моделі, які поєднують процедурні методи з нейронними мережами для досягнення кращої якості та керованості генерації.

Перспективи розвитку процедурних текстур у комп'ютерних іграх пов'язані насамперед із поєднанням класичних алгоритмічних підходів і методів штучного інтелекту. Очікується активне впровадження нейромережових моделей для генерації текстур за прикладами або текстовими описами, що значно спростить роботу дизайнерів і скоротить час створення контенту.

Важливим напрямом є також адаптивна генерація текстур у реальному часі з урахуванням продуктивності апаратного забезпечення та умов сцени, що дозволить підвищити ефективність рендерингу. Крім того, розвиток технологій трасування променів і сучасних графічних API відкриває нові можливості для створення фізично коректних процедурних матеріалів із високим рівнем реалізму. У цілому, процедурні текстури залишатимуться ключовим інструментом у формуванні масштабних, деталізованих і варіативних ігрових світів.

Додатково слід зазначити, що важливою перспективою є інтеграція процедурних текстур із технологіями фізично коректного рендерингу (PBR), що дозволяє досягти більш достовірного відтворення матеріалів за рахунок урахування їх мікроструктури та світлових властивостей. У цьому контексті процедурні моделі можуть використовуватися для генерації не лише кольорових карт (albedo), а й карт нормалей, шорсткості, металевості та висот, що забезпечує комплексний підхід до опису поверхонь. Також перспективним є використання гібридних методів, у яких процедурна генерація поєднується з фотографічними текстурами, що дозволяє досягти балансу між реалістичністю та обчислювальною ефективністю.

Окрему увагу привертає розвиток інструментальних середовищ для створення процедурних текстур, які стають дедалі більш візуально орієнтованими та доступними для розробників.

Редактори матеріалів дозволяють формувати складні текстурні залежності без необхідності глибокого програмування, що розширює коло користувачів цієї технології. У майбутньому очікується подальша автоматизація процесу генерації текстур на основі аналізу сцен або поведінки

гравця, що відкриває можливості для динамічної зміни зовнішнього вигляду об'єктів у грі. Таким чином, розвиток процедурних текстур буде визначатися не лише підвищенням якості зображення, а й зростанням інтелектуальності та адаптивності графічних систем.

Таким чином, процедурні текстури є потужним інструментом у розробці комп'ютерних ігор, що забезпечує баланс між якістю графіки, продуктивністю та ефективністю використання ресурсів. Незважаючи на певні обмеження, їх поєднання з традиційними методами та сучасними технологіями відкриває широкі перспективи для створення більш реалістичних і масштабних ігрових світів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] О. Н. Романюк, О. О. Дудник, О. В. Романюк, Д. А. Озерчук, «Метод перспективно-коректного текстурування», *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, т. 50, №1, с. 55–63, 2021.

[2] О. Н. Романюк, М. Д. Захарчук, «Метод процедурного текстурування», у *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції*, Рівне, 2023, с. 175–178.

[3] О. Н. Романюк, О. О. Новосельцев, «Формування процедурних текстур для рендерингу», у *Збірник матеріалів всеукраїнської науково-технічної конференції*, 2025, с. 120–124.

[4] О. Н. Романюк, В. П. Майданюк, О. О. Новосельцев, «Класифікація методів рельєфного текстурування для високореалістичного рендерингу», *Наукові праці ВНТУ*, №3, с. 45–52, 2025.

УДК 004.9:61:37

АДАПТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ АНТИАЛІАЙЗИНГУ В СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)

БАБІЙ Б.В. (bbabij410@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

КОТЛИК С.В. (sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

Розглянуто підходи до адаптивного використання антиаліайзингу в сучасних комп'ютерних іграх. Проаналізовано класичні та новітні методи згладжування, а також їх вплив на продуктивність і якість зображення. Особливу увагу приділено адаптивним алгоритмам, що змінюють параметри обробки залежно від сцени та апаратних ресурсів. Окреслено перспективи розвитку технології.

У процесі растеризації тривимірних сцен виникає проблема аліайзингу [1-7] – спотворення, яке проявляється у вигляді «зубчастих» контурів, мерехтіння тонких ліній та нестабільності деталей при русі камери. Це явище пов'язане з тим, що безперервна геометрія сцени відображається на дискретній сітці пікселів. Для зменшення таких артефактів застосовуються різні методи антиаліайзингу, однак їх використання завжди пов'язане з компромісом між якістю зображення та продуктивністю системи.

Класичні методи антиаліайзингу включають суперсемплінг, мультисемплінг та постпроцесингові підходи. Суперсемплінг забезпечує найвищу якість, оскільки сцена рендериться у більшій роздільній здатності з подальшим масштабуванням, але цей метод є надзвичайно ресурсоємним і практично не використовується у чистому вигляді в реальному часі. Мультисемплінг дозволяє оптимізувати витрати, обробляючи лише граничні області об'єктів, однак він не завжди ефективно працює з прозорими текстурами та дрібними деталями. Постпроцесингові методи, такі як швидке наближене згладжування, застосовуються після формування кадру та мають низьку обчислювальну складність, але можуть призводити до розмиття зображення.

У зв'язку з цим виникає необхідність у більш гнучких підходах, які здатні адаптуватися до умов сцени. Адаптивний антиаліайзинг передбачає динамічну зміну параметрів згладжування

залежно від складності зображення, руху об'єктів та доступних апаратних ресурсів. Основна ідея полягає в тому, що не всі ділянки кадру потребують однакового рівня обробки. Наприклад, гладкі поверхні або області з низькою деталізацією можуть оброблятися з мінімальними витратами, тоді як складні контури або текстури з високою частотою змін вимагають більш інтенсивного згладжування.

Одним із підходів до реалізації адаптивності є аналіз локальних характеристик зображення. Система може оцінювати контрастність, різкість або наявність країв у кожному пікселі та приймати рішення про необхідність застосування антиаліазингу. Такий підхід дозволяє значно зменшити кількість обчислень, оскільки обробка виконується лише там, де це дійсно потрібно. У сучасних ігрових рушіях ці алгоритми реалізуються на рівні шейдерів, що забезпечує їх ефективне виконання на графічному процесорі.

Іншим важливим напрямом є використання часової інформації. Часовий антиаліазинг базується на ідеї використання даних із попередніх кадрів для покращення якості поточного зображення. Це дозволяє накопичувати інформацію та досягати ефекту, подібного до суперсемплінгу, без значного збільшення навантаження. В адаптивному варіанті такого підходу система враховує швидкість руху об'єктів і камери. У статичних сценах можна використовувати більше інформації з попередніх кадрів, тоді як у динамічних – зменшувати її вплив, щоб уникнути появи артефактів.

Важливу роль відіграє також вибір фільтрів згладжування. У простих ділянках можуть застосовуватися базові методи усереднення, тоді як у складних – більш точні алгоритми, які враховують напрямок країв і структуру зображення. Це дозволяє зберігати чіткість деталей, одночасно зменшуючи небажані ефекти aliasing. У деяких випадках використовуються комбіновані підходи, які поєднують кілька методів для досягнення кращого результату.

Сучасні тенденції розвитку адаптивного антиаліазингу пов'язані з використанням машинного навчання. Нейронні мережі здатні аналізувати зображення та відновлювати відсутні деталі, що дозволяє ефективно зменшувати aliasing навіть при низькій кількості семплів. Такі методи активно впроваджуються в ігрові рушії та графічні API, забезпечуючи високу якість зображення без значного зниження продуктивності. Вони також дозволяють враховувати особливості сприйняття людиною, що є важливим фактором при оцінці якості графіки.

Адаптивний антиаліазинг також тісно пов'язаний із системами масштабування роздільної здатності. У багатьох іграх використовується динамічна зміна роздільної здатності залежно від навантаження на систему. У таких умовах антиаліазинг повинен автоматично підлаштовуватися, щоб забезпечити стабільну якість зображення. Це вимагає складних алгоритмів керування, які враховують як технічні параметри, так і візуальні характеристики сцени.

Не менш важливим є питання оптимізації. Реалізація адаптивного антиаліазингу повинна бути максимально ефективною, щоб не створювати додаткового навантаження на систему. Для цього використовуються різні методи прискорення, зокрема попередні обчислення, табличні значення та спрощені моделі. У роботах з комп'ютерної графіки підкреслюється важливість таких підходів, оскільки вони дозволяють значно підвищити продуктивність без втрати якості.

Таким чином, адаптивне використання антиаліазингу є важливим інструментом у розробці сучасних комп'ютерних ігор. Воно дозволяє ефективно вирішувати проблему aliasing, забезпечуючи високу якість зображення при оптимальному використанні ресурсів. Подальший розвиток цієї технології пов'язаний із інтеграцією нових алгоритмів, удосконаленням методів аналізу зображення та впровадженням інтелектуальних систем керування. У майбутньому можна очікувати ще більш тісного поєднання класичних методів комп'ютерної графіки з технологіями штучного інтелекту, що відкриє нові можливості для створення реалістичних і продуктивних ігрових середовищ.

Перспективи розвитку методів антиаліазингу (згладжування) у комп'ютерній графіці пов'язані з переходом від класичних вибіркового алгоритмів до гібридних та інтелектуальних підходів, які поєднують растеризацію, трасування променів і методи машинного навчання.

Одним із ключових напрямів є подальший розвиток темпорального антиаліазингу (ТАА). Сучасні ігри вже використовують накопичення інформації з попередніх кадрів, але майбутні алгоритми будуть краще розв'язувати проблему «шлейфів» (ghosting) та розмиття руху за рахунок більш точного прогнозування руху пікселів і використання глибших буферів руху (motion vectors).

Другий перспективний напрям — нейромережеві методи суперсемплінгу та згладжування, зокрема підходи на основі штучного інтелекту. Уже зараз технології на кшталт DLSS демонструють, що нейронні мережі можуть відновлювати високу деталізацію з низької роздільної здатності, одночасно виконуючи функції антиаліазингу. У майбутньому такі системи можуть стати стандартом рендерингу, витісняючи класичні MSAA та FXAA.

Третій напрям — гібридизація растеризації та трасування променів. У міру здешевлення ray tracing стає можливим отримувати фізично точніші краї об'єктів без характерних «ступінчастих» артефактів. Це дозволяє частково замінювати традиційний антиаліазинг геометричним підвищенням якості самої сцени.

Також активно розвиваються адаптивні методи антиаліазингу, які змінюють рівень згладжування залежно від складності сцени, відстані до камери та швидкості руху. Це дозволяє значно зменшити обчислювальні витрати без втрати якості зображення.

Окремо варто виділити розвиток просторово-часових алгоритмів, які комбінують інформацію з різних масштабів простору та часу. Вони стають основою сучасних рендерингових пайплайнів і дозволяють досягати майже «кінематографічної» якості зображення в реальному часі.

У підсумку, майбутнє антиаліазингу рухається у напрямку злиття класичних методів, фізично коректного рендерингу та штучного інтелекту, де ключовою метою є максимальна якість зображення при мінімальних обчислювальних витратах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. Н. Романюк, А. В. Чорний, Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів, Вінниця: УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006.
- [2] О. Н. Романюк, Є. С. Лисенко, “Антиаліазинг зображення крокової траєкторії відрізка прямої на основі оцінювальної функції,” Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, 2019, pp. 34–38.
- [3] О. Н. Романюк, Т. І. Трояновська, Є. С. Лисенко, “Розпаралелення контурного антиаліазингу,” Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, 2019, pp. 73–78.
- [5] О. Н. Романюк, М. С. Курінний, О. В. Романюк, “Антиаліазинг зображення траєкторії гіперболи,” Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, №1, 2022, pp. 55–63.
- [6] S. Zhang, D. Lin, M. Kettunen, C. Yuksel, and C. Wyman, “Area ReSTIR: Resampling for Real-Time Defocus and Antialiasing,” ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH 2024), 2024. [Online]. Available: https://research.nvidia.com/publication/2024-07_area-restir-resampling-real-time-defocus-and-antialiasing
- [7] L. Yang, S. Liu, and M. Salvi, “A Survey of Temporal Antialiasing Techniques,” Computer Graphics Forum, vol. 39, no. 2, pp. 1–22, 2020. [Online]. Available: <https://research.nvidia.com/labs/rtr/publication/yang2020survey/>

УДК 004.9:61:37

ПРИХОВУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ У КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

РОМАНЮК О.Н. (rom8591@gmail.com)

НЕЧИПОРУК М.Л. (mykola.nec@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

КОТЛИК С.В. (sergknet@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

Розглянуто основні методи приховування інформації у комп'ютерних іграх, зокрема обфускацію коду, шифрування та стеганографію. Проаналізовано їх роль у забезпеченні захисту програмного забезпечення, ігрових ресурсів та запобіганні шахрайству. Визначено сучасні тенденції розвитку технологій приховування даних у ігровій індустрії.

У сучасній індустрії комп'ютерних ігор питання приховування інформації відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки програмного забезпечення, захисті інтелектуальної власності та

підтримці чесності ігрового процесу. Ігри являють собою складні програмні системи, що включають графічні ресурси, логіку, сценарії та мережеву взаємодію. Усі ці компоненти можуть бути об'єктом аналізу з боку зловмисників, тому виникає необхідність у застосуванні ефективних методів приховування інформації.

Одним із найпоширеніших методів є обфускація коду. Вона передбачає трансформацію програмного коду у форму, що ускладнює його розуміння та аналіз без зміни функціональності. У контексті ігор обфускація використовується для захисту алгоритмів, що відповідають за фізику, штучний інтелект або систему винагород. Наприклад, імена змінних можуть бути замінені на випадкові символи, структура коду — змінена, а логіка — розбита на складні для аналізу блоки. Це значно ускладнює реверс-інжиніринг і створення читів.

Ще одним важливим підходом є шифрування ігрових ресурсів. Текстури, моделі, аудіофайли та інші дані часто зберігаються у зашифрованому вигляді. Це запобігає їх витоку або несанкціонованому використанню. Під час виконання гри ці ресурси розшифровуються в оперативній пам'яті, що дозволяє забезпечити баланс між продуктивністю та безпекою. Для цього використовуються сучасні криптографічні алгоритми, які забезпечують високий рівень захисту.

Стеганографія також знаходить застосування у комп'ютерних іграх. Вона полягає у приховуванні інформації всередині інших даних, наприклад, у зображеннях або аудіо. У іграх це може використовуватися для вбудовування службової інформації або водяних знаків, що дозволяють ідентифікувати джерело витоку. Крім того, стеганографічні методи можуть застосовуватися для передачі прихованих повідомлень у мережевих іграх.

Важливим аспектом є приховування мережевих протоколів. У багатьох онлайн-іграх використовується власний протокол обміну даними між клієнтом і сервером. Його структура може бути прихована або ускладнена для аналізу, що запобігає створенню сторонніх клієнтів або автоматизованих ботів. Для цього застосовуються методи шифрування трафіку, динамічної зміни форматів пакетів та використання випадкових затримок.

Окрему увагу слід приділити захисту від модифікації клієнтського програмного забезпечення. Гравці можуть намагатися змінити виконувані файли гри або їхню поведінку з метою отримання переваги. Для протидії цьому використовуються системи перевірки цілісності, які контролюють стан файлів і пам'яті. Також застосовуються технології захисту від налагодження, що ускладнюють аналіз роботи програми у реальному часі.

Ще одним методом приховування інформації є використання серверної логіки. Критично важливі обчислення, такі як перевірка результатів дій гравця або генерація випадкових подій, виконуються на сервері. Це дозволяє уникнути маніпуляцій з боку клієнта, оскільки користувач не має доступу до серверного коду. Такий підхід широко використовується у багатокористувацьких іграх.

З розвитком технологій дедалі більшого значення набуває використання віртуалізації та спеціалізованих середовищ виконання. Наприклад, деякі ігри застосовують вбудовані віртуальні машини для виконання критичних частин коду. Це дозволяє приховати реальну логіку програми та ускладнити її аналіз. Крім того, використовуються методи динамічної генерації коду, які змінюють поведінку програми під час виконання.

Не менш важливим є аспект захисту інтелектуальної власності. Ігрові компанії вкладають значні ресурси у створення контенту, тому його несанкціоноване копіювання може призвести до значних втрат. Приховування інформації допомагає зменшити ризик піратства та незаконного використання ресурсів.

Разом з тим, надмірне використання методів приховування може негативно впливати на продуктивність гри та ускладнювати її підтримку. Тому важливо знаходити баланс між рівнем захисту та ефективністю роботи системи. Оптимальне поєднання різних методів дозволяє досягти високого рівня безпеки без значного зниження продуктивності.

Перспективи розвитку технологій приховування інформації у комп'ютерних іграх безпосередньо пов'язані з загальними тенденціями кібербезпеки, штучного інтелекту та обробки мультимедійних даних. Одним із напрямів є використання методів глибокого навчання для створення більш ефективних алгоритмів стеганографії. Сучасні дослідження показують, що нейронні мережі дозволяють приховувати дані таким чином, щоб мінімізувати статистичні ознаки їх наявності, що значно ускладнює виявлення прихованої інформації.

Іншим важливим напрямом є розвиток так званої “безконтейнерної” стеганографії, яка не змінює вихідний мультимедійний об'єкт, а використовує його характеристики для кодування

інформації. Такий підхід дозволяє уникнути типових методів стеганалізу та підвищує рівень прихованості даних. У комп'ютерних іграх це може бути застосовано для прихованої передачі службових даних або маркування контенту без зміни його структури.

Перспективним є також поєднання криптографії та стеганографії в єдині гібридні системи. Такі підходи дозволяють не лише приховувати сам факт передачі інформації, але й забезпечувати її криптографічний захист, що значно підвищує загальний рівень безпеки. У іграх це може використовуватися для захисту мережових протоколів, внутрішніх повідомлень або античит-механізмів.

Значну роль у майбутньому відіграватимуть технології цифрового водяного маркування. Сучасні дослідження вказують на активний розвиток методів водяних знаків на основі глибинного навчання, які забезпечують високу стійкість до атак і можливість відстеження витоків контенту. У контексті ігор це дозволить ефективніше захищати графічні ресурси та інтелектуальну власність розробників.

Ще одним важливим напрямом є вдосконалення методів протидії стеганалізу. Оскільки сучасні системи аналізу активно використовують машинне навчання для виявлення прихованих даних, виникає необхідність створення більш стійких алгоритмів приховування, які здатні адаптуватися до нових методів атак. Дослідження показують, що використання випадкових стратегій вбудовування даних та адаптивних алгоритмів дозволяє значно підвищити стійкість до виявлення.

У сфері комп'ютерних ігор окрему перспективу становить інтеграція приховування інформації у хмарні та стрімінгові платформи. З переходом до хмарного геймінгу частина обчислень і даних переноситься на сервери, що відкриває нові можливості для прихованого зберігання та обробки інформації. Це дозволяє зменшити ризики модифікації клієнтської частини гри та підвищити загальний рівень безпеки.

Також варто відзначити потенціал використання процедурної генерації контенту для приховування даних. У сучасних іграх активно застосовуються алгоритми генерації текстур, рівнів та об'єктів, і ці процеси можуть бути використані як носій прихованої інформації. Це відкриває нові можливості для створення складних і малопомітних каналів передачі даних.

У перспективі розвиток технологій приховування інформації у комп'ютерних іграх буде спрямований на підвищення автоматизації, адаптивності та інтеграції з іншими системами безпеки. Використання штучного інтелекту, нових криптографічних підходів та хмарних технологій дозволить створювати більш ефективні та стійкі до атак системи захисту. Водночас це вимагатиме постійного вдосконалення методів аналізу та протидії, що забезпечить подальший розвиток цієї галузі.

Таким чином, приховування інформації є невід'ємною складовою сучасних комп'ютерних ігор. Воно забезпечує захист від несанкціонованого доступу, зменшує ризик шахрайства та сприяє збереженню інтелектуальної власності. Комплексний підхід до реалізації цих методів дозволяє створювати безпечні та надійні ігрові системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] J. Zhang, W. Zhang, and J. Xu, "StegEraser: Defending cybersecurity against malicious covert communications," *Journal of Computer Security*, vol. 32, no. 2, pp. 117–139, 2024.
- [2] F. Strachanski, D. Petrov, T. Schmidbauer, and S. Wendzel, "A Comprehensive Pattern-based Overview of Stegomalware," *ARES 2024 Workshop Proceedings*, 2024.
- [3] D.-H. Hwang, H. Lee, and Y.-K. Kim, "A Study on the Application of Cyber Communication in Platform-Based Steganography of Minecraft 3D Resource Packs," *Journal of Intelligent Information*, vol. 24, no. 6, pp. 37–42, 2024.
- [4] K. D. Michaylov and D. K. Sarmah, "Steganography and steganalysis for digital image enhanced forensic analysis and recommendations," *Journal of Cyber Security Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 1–27, 2025.

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ГЕНЕРАЦІЇ ПАТЕРНІВ СНАРЯДІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

СІРЕНКО О.І., ЛЕВКОВСЬКИЙ В.Р.

(olexandr.sirenko@gmail.com, levkovskijvladislav2@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

У роботі розглянуто алгоритми генерації патернів снарядів у 2D ігрових системах. Актуальність теми зумовлена тим, що бойові сцени сучасних 2D ігор часто потребують великої кількості атак, які мають відрізнятися формою, щільністю, напрямком руху, темпом появи та рівнем складності. Ручне створення кожного патерну окремо є трудомістким, погано масштабується зі збільшенням кількості противників і фаз бою, призводить до дублювання логіки та ускладнює балансування ігрової системи.

Постановка проблеми полягає в необхідності розроблення такого підходу до генерації патернів снарядів, який дає змогу швидко створювати, змінювати та комбінувати різні типи атак без ручного програмування кожної конфігурації окремо. Для цього потрібно відокремити базову логіку створення снарядів від конкретних параметрів атаки та подати форму, напрямок, швидкість і динамічну поведінку патерну у вигляді керованих математичних залежностей.

Метою дослідження є обґрунтування параметризованого підходу до генерації патернів снарядів у 2D ігрових системах і визначення способів побудови атак із керованою структурою, складністю та поведінкою в часі.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі завдання: проаналізовано проблему ручного створення атак у 2D ігрових системах, визначено основні параметри, які впливають на форму та складність патерну, розглянуто алгоритм побудови секторних і кругових конфігурацій, описано спосіб формування фігурних патернів на основі параметричних кривих, визначено роль динамічних модифікаторів, зокрема хвильового викривлення, обертання, спірального руху та переслідування цілі, сформульовано висновки щодо доцільності використання параметризованих алгоритмів у бойових системах 2D ігор.

Суть дослідження полягає в тому, що патерн снарядів пропонується описувати не як набір вручну заданих координат і команд, а як результат обчислення параметрів розміщення та руху. У найпростішому випадку положення снаряда в двовимірному просторі визначається координатами (x, y), а напрямок руху, швидкість і зміщення подаються у вигляді векторних величин. Такий підхід дозволяє формалізувати як окремий постріл, так і групову конфігурацію, у якій кожен снаряд отримує власне початкове положення та напрямок відповідно до правил певного патерну [1].

Для побудови патерну задаються центр генерації, базовий напрямок, кількість снарядів, кутовий або просторовий крок, швидкість, часові параметри та додаткові властивості руху. У результаті атака описується сукупністю правил, за якими обчислюються початкові стани снарядів. Це спрощує повторне використання алгоритмів, оскільки зміна числових параметрів або функцій дає змогу отримувати нові варіанти атак без зміни базової логіки генератора.

Одним із базових типів атаки є секторний патерн. У ньому снаряди генеруються з певної точки в межах заданого кутового діапазону. Для такого способу побудови доцільно спочатку визначити центральний напрямок, межі сектора та кутовий крок між снарядами на підставі формул 1 - 4 [2]:

$$a_0 = \arctan(dy/dx) \quad (1)$$

$$a_{\text{поч}} = a_0 - \Delta a / 2 \quad (2)$$

$$a_{\text{кін}} = a_0 + \Delta a / 2 \quad (3)$$

$$\delta a = \Delta a / (n - 1) \quad (4)$$

де a_0 — центральний напрямок сектора, dx і dy — проєкції базового напрямку на осі координат, $a_{\text{поч}}$ і $a_{\text{кін}}$ — початкова та кінцева межі сектора, Δa — загальний кут розкиду, n — кількість снарядів, δa — кутовий крок між сусідніми снарядами.

Для кожного i -го снаряда напрямок руху та початкове положення можна подати за формулами 5 - 7:

$$d_i = (\cos a_i, \sin a_i) \quad (5)$$

$$p_i = p_0 + r_0 (\cos a_i, \sin a_i) \quad (6)$$

$$a_i = a_{\text{поч}} + i \cdot \Delta a \quad (7)$$

де i – порядковий номер снаряда, a_i – індивідуальний кут його розміщення, d_i – напрямок руху, p_i – стартова позиція, p_0 – центр генерації, а r_0 – початковий радіус розміщення відносно цієї точки. Завдяки зміні параметрів n , Δa і r_0 одна й та сама схема може формувати вузькі залпи, широкі секторні атаки або кругові хвилі снарядів.

Фігурний патерн застосовується тоді, коли необхідно сформувати впізнавану геометричну конфігурацію. У цьому випадку положення точок появи задається параметричними функціями $x(t)$ та $y(t)$. Послідовний перебір значень параметра t у заданому інтервалі дає набір координат, у яких створюються снаряди. Зі збільшенням кількості снарядів крок зміни параметра зменшується, тому контур фігури відтворюється щільніше.

Прикладом фігурного патерну є контур серця, який може бути описаний співвідношеннями представленими в формулах 8 і 9 [3]:

$$x(t) = 16 \sin^3 t \quad (8)$$

$$y(t) = 13 \cos t - 5 \cos 2t - 2 \cos 3t - \cos 4t \quad (9)$$

де $x(t)$ задає горизонтальне положення точки контуру, $y(t)$ – вертикальне положення, а t є параметром, послідовна зміна якого формує набір точок фігури.

У такому разі новий тип атаки формується не переписуванням алгоритму, а заміною функцій $x(t)$ і $y(t)$ або зміною масштабу, кількості точок і часових параметрів. Це робить параметричні криві зручним інструментом створення виразних фігурних атак.

Окрему роль у системі відіграють динамічні модифікатори, які не змінюють базовий тип патерну, але додають йому поведінку в часі. До таких модифікаторів належать спіральність, обертання, хвильове викривлення, зміна швидкості та переслідування цілі. Їхнє використання дозволяє зберігати основну геометрію атаки, але робити траєкторії менш передбачуваними й більш придатними для різних фаз бою [4].

Хвильове викривлення може бути описане функцією поперечного зміщення за формулою 10:

$$s(t) = A \sin(\omega_x t + \varphi) \quad (10)$$

де $s(t)$ – величина поперечного зміщення в момент часу t , A – амплітуда відхилення, ω_x – кутова частота, а φ – початкова фаза.

Для лінійної траєкторії положення снаряда з хвильовим модифікатором можна подати за формулою 11:

$$p(t) = p_{\text{поч}} + dvt + n \perp A(\omega_x t + \varphi) \quad (11)$$

де $p(t)$ – положення снаряда в момент часу t , $p_{\text{поч}}$ – початкова точка, d – одиничний вектор основного напрямку, v – швидкість руху, а $n \perp$ – перпендикулярний до напрямку руху вектор. Така модель дає змогу отримувати коливальні або вібраційні траєкторії без створення окремого алгоритму для кожного випадку.

Практична цінність запропонованого підходу полягає в можливості комбінувати базові конфігурації та динамічні властивості. Змінюючи кількість снарядів n , кут розкиду Δa , швидкість v , амплітуду A , частоту ω_x , фазу φ , параметр t , функції $x(t)$ і $y(t)$, а також параметри самонаведення, можна отримати широкий набір атак у межах однієї генеративної системи. Це дає змогу керувати складністю, щільністю загроз і ритмом бою без надмірного збільшення обсягу коду.

Таким чином, у межах дослідження було показано, що параметризована генерація патернів снарядів є ефективним способом організації бойових механік у 2D ігрових системах. Вона дає

змогу перейти від ручного опису кожної атаки до формального задання правил, за якими обчислюються положення, напрями та траєкторії снарядів.

За результатами виконаних завдань сформульовано такі висновки. По-перше, проблема ручного створення атак вирішується шляхом відокремлення загального алгоритму генерації від конкретних параметрів патерну. По-друге, секторні, кругові та фігурні атаки можуть бути описані через компактні математичні залежності, що спрощує їх повторне використання. По-третє, динамічні модифікатори дають змогу ускладнювати поведінку снарядів без зміни базової структури системи. По-четверте, параметризований підхід забезпечує гнучке балансування складності, швидке створення нових атак і зменшення дублювання програмної логіки, що відповідає поставленій задачі дослідження [5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] E. Adams, Fundamentals of Game Design, 3rd ed. Berkeley, CA, USA: New Riders, 2014.
- [2] I. Millington and J. Funge, Artificial Intelligence for Games, 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2009.
- [3] M. de Berg, O. Cheong, M. van Kreveld, and M. Overmars, Computational Geometry: Algorithms and Applications, 3rd ed. Berlin, Germany: Springer, 2008.
- [4] J. Benet, "IPFS: Content Addressed, Versioned, P2P File System," 2014.
- [5] R. Nystrom, Game Programming Patterns. Fresno, CA, USA: Genever Benning, 2014.

УДК 004.96:004.5

НЕВИДИМІ АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ: ЯК ПРОГРАМНІ МЕХАНІКИ КОМПЕНСУЮТЬ ФІЗІОЛОГІЧНІ ОБМЕЖЕННЯ ГРАВЦЯ В ІНТЕРАКТИВНИХ СИСТЕМАХ

СЛОБОДЯНЮК А.В., ТКАЧЕНКО О.М.(andrijslobodanuk95@gmail.com),
Вінницький національний технічний університет

Реферат: У тезах досліджуються невидимі програмні алгоритми керування (змінна висота стрибка, час койота, буферизація вводу та лояльні хітбокси), які оптимізують ігровий процес та компенсують фізіологічні затримки реакції гравця. Проаналізовано принципи їх технічної реалізації для переведення фокусу системи з буквального зчитування інпуту на інтерпретацію намірів користувача.

Розробка сучасних ігрових проєктів вимагає не лише створення якісного візуального контенту, але й глибокого розуміння взаємодії між комп'ютерною системою та фізіологією людини. В основі будь-якої інтерактивної системи лежить ігровий цикл (Game Loop), який з мілісекундною точністю обробляє введення даних, оновлює стан об'єктів та рендерить кадри. Однак людське сприйняття та швидкість реакції є недосконалими. Якість керування часто визначається тим, наскільки непомітно програмний код здатен компенсувати цю недосконалість. Існує чотири базові невидимі механіки, які реалізуються через таймери, змінні стану та геометрію об'єктів, перетворюючи сухе зчитування інпуту на інтерпретацію справжніх намірів користувача. Метою даної роботи є аналіз технічної реалізації цих алгоритмів.

Першою основною проблемою є бінарність дій. Якщо кнопка відповідає виключно за фіксовану дію, гравець втрачає контроль над вертикальним переміщенням, що обмежує левел-дизайн та унеможливорює створення складних просторових задач. Для вирішення цієї проблеми застосовується алгоритм переривання вектора швидкості (Variable Jump Height). При натисканні кнопки персонажу задається початкова вертикальна швидкість, на яку кожен кадр впливає ігрова гравітація. Ключовий момент полягає в обробці відпускання клавіші: у цей момент вертикальна швидкість не обнуляється миттєво (це створило б візуальний ефект зіткнення з невидимою стелею), а програмно зменшується на 30-50% від поточного значення. Це дозволяє перетворити єдиний інпут на гнучкий інструмент, за допомогою якого гравець динамічно коригує траєкторію польоту відповідно до ситуації на екрані.

Середній час реакції людини (від візуального розпізнавання перешкоди до генерації нервового імпульсу та натискання кнопки) становить 250-350 мілісекунд. При високій швидкості

руху ігрового об'єкта цього часу достатньо, щоб персонаж покинув межі платформи до того, як гравець фізично встигне здійснити інпут. Система реєструє стан вільного падіння, і дія блокується. Технічна імплементація механіки «Час Койота» (Coyote Time) вирішує це за допомогою додаткової змінної-таймера. Коли логічний стан персонажа змінюється з «на землі» на стан падіння, таймер починає зворотний відлік (зазвичай даючи вікно у 5-10 кадрів). Якщо сигнал на дію надходить до обнулення цього таймера, система ігнорує стан падіння і виконує команду. Ця мікро-поблажка робить керування стабільним у сприйнятті людини, дозволяючи орієнтуватися на візуальні межі об'єктів, а не на жорсткі математичні координати.

У динамічних сценах гравець часто діє з випередженням. Наприклад, намагаючись здійснити дію одразу після приземлення, гравець може натиснути кнопку за долю секунди до фактичного торкання поверхні. Без оптимізації така команда буде проігнорована системою. Замість того, щоб відхиляти передчасні дії, застосовується алгоритм черги команд - буферизація вводу (Input Buffering). Якщо інпут надходить під час неможливості його виконання, команда записується в пам'ять із запуском короткого таймера (близько 0.1 - 0.2 секунди). Як тільки об'єкт торкається землі і змінює стан, система перевіряє буфер. Якщо там є свіжа збережена команда, вона автоматично активується. Це розвантажує увагу користувача, якій більше не потрібно ідеально синхронізувати власну моторику з частотою кадрів гри.

Остання ключова механіка стосується обробки колізій. Візуальне відображення об'єкта (спрайт або 3D-модель) та його фізична модель для розрахунку зіткнень (хітбокс) не повинні бути ідентичними. Людський периферійний зір не здатний вираховувати відстані з точністю до пікселя під час швидкого руху. Тому розробники програмно використовують так звані «Лояльні хітбокси» (Forgiving Hitboxes), зменшуючи розміри фізичного хітбокса головного героя до 60-80% від розміру візуальної моделі. Відповідно, система ігнорує мікро-дотики краями спрайтів. Фізичного зіткнення на рівні коду не відбувається, проте візуально це виглядає як проходження на межі можливостей, що генерує потужний позитивний емоційний відгук у користувача.

Висновок. Аналіз базових механік показує, що філософія сучасного геймдизайну зводиться до правила: програмний код має інтерпретувати наміри користувача, а не просто сухо реєструвати геометрію та фізику інпутів. Складність ігрового процесу повинна виникати з продуманих розробником архітектурних викликів, а не з боротьби гравця з інтерфейсом та власними біологічними обмеженнями. Реалізація таймерів буферизації, маніпуляції зі змінними швидкості та оптимізація обробки зіткнень створюють ефект ідеального керування, який відрізняє професійний програмний продукт від аматорського.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] M. Brown, "Why Does Celeste Feel So Good to Play?", Game Maker's Toolkit, 2019. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=yoKpCEgitDk>
- [2] M. Thorson, "Celeste and Forgiving Game Design," Game Developers Conference (GDC), 2018. [Online]. Available: <https://www.gdcvault.com/play/1025700/Celeste-and-Forgiving-Game>
- [3] E. Adams, Fundamentals of Game Design, 3rd ed. San Francisco, CA, USA: New Riders, 2013.
- [4] J. Schell, The Art of Game Design: A Book of Lenses, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2019.

УДК 004.94

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ КОНТЕНТУ В ІГРАХ ЖАНРУ «RUNNER»

ЧЕРНЕЦЬКИЙ О.О. (tacoroll101@gmail.com)
ШЕСТОПАЛОВ С.В. (sshestopalov1984@gmail.com)
Одеський національний технологічний університет

Анотація. У роботі досліджено особливості застосування процедурної генерації контенту (Procedural Content Generation, PCG) в іграх жанру «Endless Runner». Розглянуто характерні особливості жанру «Runner» та його піджанру «Endless Runner», визначено основні вимоги до генерації ігрового середовища, зокрема забезпечення прохідності рівнів, балансу складності та реіграбельності. Проведено аналіз сучасних методів PCG, серед яких chunk-based, rule-based,

weighted random selection, template-based, noise-based та ML-based підходи. Для кожного методу визначено сферу застосування, переваги та обмеження у контексті генерації рівнів, перешкод, бонусів і декоративних елементів. Встановлено, що найбільш ефективним підходом є комбінування декількох методів процедурної генерації залежно від типу контенту та функціонального призначення. Обґрунтовано доцільність використання гібридної архітектури генерації для створення сучасних ігор жанру «Endless Runner» із високим рівнем варіативності та збалансованим ігровим процесом.

Сучасний ринок комп'ютерних ігор характеризується стабільною динамікою розвитку, а жанр «Runner» взагалі та його піджанр «Endless Runner» зокрема представлений на цифрових платформах низкою популярних проєктів: MetroLand, Alto's Collection, Canabalt та іншими [1]. Високий рівень зацікавленості користувачів підтверджується статистичними даними: за інформацією FoxData, гра Subway Surfers на кінець 2025 року досягла показника в більше ніж 200 млн завантажень на різних платформах [2]. Це свідчить про значну популярність та актуальність жанру серед широкої аудиторії гравців. Одним із ключових факторів забезпечення довготривалого утримання користувачів у іграх даного типу є реіграбельність, тобто здатність ігрового продукту підтримувати інтерес після багаторазового проходження. Важливу роль у досягненні цієї мети відіграє процедурна генерація контенту, що забезпечує автоматизоване створення унікальних ігрових ситуацій без необхідності ручного проєктування кожного окремого рівня [3].

Однією з ключових проблем розробки ігор жанру «Endless runner» є забезпечення балансу між варіативністю ігрового процесу та якістю згенерованого контенту. Використання процедурної генерації контенту (Procedural Content Generation, PCG) дає змогу автоматизувати створення рівнів і суттєво підвищити реіграбельність гри, однак водночас ускладнює контроль за прохідністю, складністю та структурною цілісністю ігрових сцен. Неефективна реалізація алгоритмів генерації може призводити до появи непередбачуваних або незбалансованих ситуацій, що негативно впливає на користувацький досвід. Попри широке застосування PCG у сучасній ігровій індустрії, більшість досліджень зосереджені на загальних підходах до генерації контенту або на інших жанрах ігор, тоді як специфіка жанру «Runner» залишається недостатньо висвітленою. Зокрема, потребують подальшого аналізу методи формування ігрових сегментів, механізми адаптації складності та способи забезпечення коректності процедурно згенерованих рівнів у реальному часі. Це обумовлює актуальність дослідження, спрямованого на аналіз та практичне застосування методів процедурної генерації контенту для ігор жанру «Endless Runner».

Для більш глибокого аналізу підходів до процедурної генерації контенту доцільно спочатку визначити особливості жанру «Runner». Ігри цього жанру належать до аркадних платформерів, у яких персонаж здійснює безперервний автоматичний або напівавтоматичний рух уперед, тоді як гравець взаємодіє переважно через механіки ухилення від перешкод, зміни траєкторії руху та збору бонусних елементів. Характерними ознаками жанру є високий темп ігрового процесу, мінімальний час на прийняття рішень та орієнтація на реакцію гравця. На відміну від стратегічних або рольових ігор, де ключову роль відіграють планування та довготривале управління ресурсами, у «Runner»-іграх основний акцент робиться на ритмічності геймплею, швидкості реакції та безперервності дії [4].

У процесі розвитку жанру сформувалося кілька його піджанрів, серед яких найбільш поширеним є «Endless Runner». У таких іграх рівень не має фіксованого завершення та генерується у реальному часі протягом усього ігрового процесу, а сесія триває до моменту помилки гравця. До характерних представників цього піджанру належать Subway Surfers та Temple Run 2. «Endless Runner» характеризується поступовим зростанням складності, підвищенням швидкості руху та активним використанням процедурної або модульної генерації середовища.

Ключовим технологічним компонентом ігор жанру «Endless Runner» є процедурна генерація контенту – підхід до автоматизованого створення ігрових об'єктів і структур за допомогою алгоритмів без необхідності ручного проєктування кожного окремого елемента [5]. У контексті жанру «Runner» процедурній генерації можуть підлягати геометрія рівня, перешкоди, бонусні предмети, декоративні елементи, тригери подій та альтернативні маршрути. Водночас система генерації повинна забезпечувати не лише варіативність, а й логічну узгодженість ігрових ситуацій, гарантуючи прохідність рівня та дотримання балансу складності.

Розглянемо існуючі підходи до PCG в іграх жанру «Endless Runner».

Одним із найбільш поширених підходів є «chunk-based» генерація, або модульна генерація рівнів. У межах цього методу ігровий простір формується з попередньо підготовлених сегментів (чанків), створених дизайнером вручну. Алгоритм комбінує такі сегменти відповідно до визначених правил сумісності, використовуючи стандартизовані точки входу та виходу [5]. Основними перевагами підходу є гарантована прохідність рівнів, високий контроль якості та відносна простота реалізації. Недоліком виступає ризик повторюваності контенту за умови обмеженої кількості модулів.

Для забезпечення балансу складності та коректності розміщення перешкод широко застосовується «rule-based» генерація. Даний підхід базується на системі логічних правил типу «якщо/тоді», що регламентують допустимі комбінації елементів ігрового середовища. Наприклад, після складної секції може автоматично генеруватися зона відновлення, а інтенсивність появи перешкод зростає поступово [5]. Подібні механізми активно використовуються у Temple Run 2. Перевагами методу є ефективний контроль складності та можливість гнучкого налаштування геймплею, тоді як основним недоліком є ускладнення підтримки системи зі збільшенням кількості правил.

Для підвищення варіативності та контролю частоти появи окремих елементів використовується механізм зваженої випадковості («weighted random selection»). У цьому випадку кожному об'єкту призначається певна вага, що визначає ймовірність його генерації. Якщо певний елемент тривалий час не з'являється, його вага може тимчасово збільшуватися, забезпечуючи більш збалансований розподіл контенту. Такий підхід використовується, зокрема, у Crossy Road [5]. Метод характеризується простотою реалізації та природним балансуванням, однак без додаткових обмежень може створювати небажані комбінації елементів.

Для генерації подій та спеціальних ігрових ситуацій застосовується «template-based» підхід. Він базується на використанні шаблонів – попередньо визначених структур ігрових сценаріїв, які заповнюються конкретними об'єктами або асетами [6]. Такий метод дозволяє підтримувати стабільний ритм гри та забезпечувати передбачувану якість контенту при збереженні певного рівня варіативності. Водночас створення ефективної системи шаблонів потребує значних витрат часу на початкове проектування.

Окрему категорію становлять «noise-based» методи, засновані на використанні функцій когерентного шуму, зокрема Perlin Noise або Simplex Noise. Дані алгоритми забезпечують генерацію природних форм, рельєфу та текстур і широко застосовуються у відкритих ігрових світах, таких як Minecraft або No Man's Sky. У жанрі «Runner» їх застосування обмежене переважно декоративним шаром, оскільки шумові алгоритми не гарантують прохідності «траси». Найчастіше вони використовуються для формування фонових пейзажів, біомів та плавних переходів між візуальними зонами [7].

Перспективним напрямом розвитку PCG є використання «ML-based» методів, заснованих на технологіях машинного навчання [8]. До таких підходів належать еволюційні алгоритми, Monte Carlo Tree Search, а також методи глибокого навчання, зокрема Generative Adversarial Networks (GAN) і Reinforcement Learning (RL). У контексті жанру «Runner» вони можуть використовуватися для адаптивного налаштування складності, автоматичної генерації нових сегментів рівнів та персоналізації ігрового процесу під конкретного користувача [9]. Наприклад, системи на основі Reinforcement Learning здатні динамічно формувати секції рівня відповідно до навичок гравця, реалізуючи концепцію Dynamic Difficulty Adjustment (DDA). GAN-моделі можуть генерувати нові варіанти чанків на основі навчання на вже існуючих рівнях. Попри значний потенціал, використання «ML-based» підходів у комерційних іграх жанру «Endless Runner» поки що залишається обмеженим через високу обчислювальну складність і потребу у великих навчальних вибірках.

Проведений аналіз свідчить, що жоден окремий метод процедурної генерації не забезпечує повноцінного вирішення всіх завдань побудови ігрового середовища в іграх жанру «Endless Runner». Найефективнішим є комбінований підхід, у межах якого різні методи застосовуються відповідно до типу контенту та функціонального призначення. Зокрема, «chunk-based» генерація використовується для побудови структури рівня, «rule-based механізми» – для управління складністю та розміщенням перешкод, «weighted random selection» – для забезпечення

варіативності бонусів і предметів, «template-based» підхід – для подій та спеціальних зон, «noise-based» алгоритми – для декоративного оточення, а «ML-based» методи – для адаптивної складності та персоналізації ігрового процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] QByte Interactive and Kiloo, «MetroLand», Steam, 2025. [Online]. Available: <https://store.steampowered.com/app/3129590/MetroLand/>
- [2] FoxData, «How Does Subway Surfers Achieve 209 Million Downloads in 2024?» foxdata.com, 2024. [Online]. Available: <https://foxdata.com/en/blogs/how-does-subway-surfers-achieve-209-million-downloads-in-2024/>
- [3] Statista Research Department, «Mobile gaming revenue worldwide from 2011 to 2026», Statista, 2026. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/173975/global-revenues-from-mobile-games-since-2009/>
- [4] B. Bucklew, «What is procedural generation?» boristhebrave.com, May 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.boristhebrave.com/2024/05/25/what-is-procedural-generation/>
- [5] N. Shaker, J. Togelius, and M. J. Nelson, Procedural Content Generation in Games. Cham: Springer, 2016.
- [6] J. Togelius and G. N. Yannakakis, «Procedural content generation: An overview», In Game AI Pro 2, S. Rabin, Ed. Boca Raton: CRC Press, 2015, pp. 573–588.
- [7] K. Perlin, «An image synthesizer», ACM SIGGRAPH Comput. Graph., vol. 19, no. 3, pp. 287–296, 1985.
- [8] J. Togelius et al., «Search-based procedural content generation: A taxonomy and survey», IEEE Trans. Comput. Intell. AI Games, vol. 3, no. 3, pp. 172–186, Sep. 2011.
- [9] N. Shaker and M. Cook, «Learning-based procedural content generation», arXiv preprint arXiv:1308.6415, Aug. 2013. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1308.6415>.

УДК 004.94:004.92

АДАПТИВНА МАСОВО-ПРУЖИННА МОДЕЛЬ ДЛЯ СИМУЛЯЦІЇ ТКАНИНИ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

ЧЕХМЕСТРУК Р.Ю. (chekhroma@gmail.com),
ГАЛУЗІНСЬКИЙ О.В. (04-22-500.stud@vntu.edu.ua),
Вінницький національний технічний університет

У роботі розглядається створення програмного засобу для симуляції тканини у режимі реального часу. Запропоновано підхід до оптимізації масово-пружинної моделі шляхом просторового та часового адаптивного налаштування параметрів жорсткості та кроку інтегрування. Це дозволяє досягти високої продуктивності при збереженні візуального реалізму і стабільності симуляції в іграх та мультимедійних проєктах.

Симуляція тканини у реальному часі залишається однією з найскладніших задач у сучасній комп'ютерній графіці та розробці відеоігор. Стандартна масово-пружинна модель (Mass-Spring System, MSS) часто вимагає значних обчислювальних ресурсів для досягнення стабільності та реалістичної поведінки матеріалу. При жорстких обмеженнях на час кадру у масштабних ігрових сценах використання фіксованих параметрів жорсткості та кроку інтегрування призводить до появи візуальних артефактів (наприклад, перерозтягнення тканини) або суттєвого падіння продуктивності (FPS). Отже, існує необхідність розробки методів адаптивного налаштування параметрів симуляції залежно від динаміки об'єкту.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі завдання: проаналізовано існуючі методи симуляції тканини в ігрових рушіях; розроблено математичну модель адаптивної масово-пружинної системи з динамічною зміною коефіцієнтів та кроку обчислень; створено цільовий програмний засіб; проведено порівняльний аналіз швидкодії та візуальної якості розробленої моделі у порівнянні з класичною MSS.

Архітектура розробленого програмного засобу базується на класичній масово-пружинній моделі, де поверхня тканини формалізується як сітка матеріальних точок (мас), з'єднаних між собою структурними, зсувними та згинальними пружинами. Для розрахунку кінематики частинок використовується метод інтегрування Верле (Verlet integration), який відзначається високою стабільністю. Інноваційність запропонованого технічного рішення полягає у впровадженні механізму просторової та часової адаптивності сітки. На кожному ігровому такті алгоритм аналізує натяг кожної окремої пружини. Сила пружності розраховується за формулою (1):

$$F_{ij} = -k_{ij}(|x_i - x_j| - L_{ij}) \frac{x_i - x_j}{|x_i - x_j|} \quad (1)$$

де k_{ij} – коефіцієнт жорсткості, x_i та x_j – поточні позиції мас, L_{ij} – початкова довжина пружини у стані спокою.

Якщо локальна деформація перевищує критичне напруження, система точково збільшує кількість ітерацій розв'язувача (solver iterations) лише для навантажених сегментів тканини. Додатково застосовується алгоритм корекції позицій (Position Based Dynamics constraints), який ефективно запобігає неприродному розтягненню без необхідності глобального зменшення кроку інтегрування Δt .

Крім того, програмний засіб включає підтримку фізичного рівня деталізації (Level of Detail – LOD). На основі відстані до віртуальної камери гравця, система динамічно зменшує полігональність тканини, децимуючи сітку і об'єднуючи суміжні маси, що значно знижує обчислювальне навантаження. Програмна імплементація алгоритмів розроблена з підтримкою паралельних обчислень на графічному процесорі за допомогою Compute Shaders. Експериментальне тестування підтвердило, що у сценах з високою густиною деформованих об'єктів адаптивне налаштування сприяє зростанню частоти кадрів на 35–40% за мінімальної втрати реалізму.

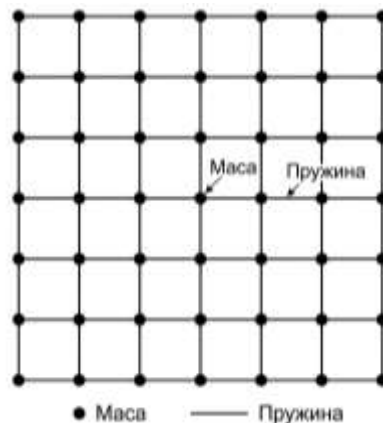


Рис. 1 – Візуалізація сітки адаптивної масово-пружинної моделі тканини

Розроблено оптимізований програмний засіб симуляції тканини, який поєднує масово-пружинну модель з адаптивним налаштуванням жорсткості, локальною корекцією натягу та динамічним фізичним LOD-ом. Такий інтегрований підхід забезпечує компроміс між продуктивністю і візуальним реалізмом, що робить його перспективним для застосування у комерційних ігрових рушіях для рендерингу одягу персонажів та м'яких тіл.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. G. Chen et al., "SpringTime: Learning Simulatable Models of Cloth with Spatially-varying Constitutive Properties," arXiv preprint arXiv:2507.21288, 2025. Available: <http://arxiv.org/abs/2507.21288>.
2. N.-J. Sung et al., "Real-Time Cloth Simulation Using WebGPU: Evaluating Limits of High-Resolution," arXiv preprint arXiv:2507.11794, 2025. Available: <http://arxiv.org/abs/2507.11794>

3. H. Jiang et al., "PhysTwin: Physics-Informed Reconstruction and Simulation of Deformable Objects from Videos," arXiv preprint arXiv:2503.17973, 2025. Available: <http://arxiv.org/abs/2503.17973>.

УДК 004.421:519.17

РОЗРОБКА МЕХАНІКИ ГЕНЕРАЦІЇ НОВИХ ХОДІВ ДЛЯ МАТЧ-3 ІГОР ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ НА ГРАФАХ

ШАРАВАРА В.В. (v.v.sharavara@ust.edu.ua)

Український державний університет науки і технологій

У роботі досліджено проблему зниження стратегічної глибини у відеоіграх жанру «три в ряд», що зумовлена локальним характером оновлення ігрового поля. Автором запропоновано модифіковану геймплейну механіку «виштовхування фігур знизу», побудовано її математичну модель на основі теорії графів та виконано програмну реалізацію з використанням алгоритмів Форда-Фалкерсона та Левіта.

Жанр «три в ряд» (Match-3) є одним із найбільш впізнаваних, масових та економічно значущих сегментів індустрії казуальних відеоігор, передусім у секторі мобільних розваг. Основна ідея цього жанру полягає у маніпулюванні ігровими елементами (надалі – фігури) на ігровому полі сіткоподібної структури з метою формування послідовностей із трьох або більше однотипних фігур [1]. Це призводить до їхнього зникнення, нарахування очок гравцю та подальшого заповнення вільних клітинок поля. З погляду геймдизайну однією з проблем, що виникають у таких іграх, є втрата гравцем відчуття впливу на перебіг гри. Один із проявів цієї проблеми – обмежена кількість можливих ходів. Наприклад, якщо на ігровому полі доступний лише один хід, знижується стратегічна глибина геймплею: гравець вимушений виконувати єдину дію, сподіваючись, що вона спричинить ланцюгову реакцію, яка змінить стан поля та надасть більше опцій у майбутньому.

Схожий ефект втрати стратегічності спостерігається і у випадках, коли формально гравцеві доступно кілька ходів, проте всі вони мають низьку значущість. Проблема полягає в тому, що будь-який хід у грі має досить локальний вплив: обмін фігур прибирає невелику їх кількість, а вільні місця займають фігури, що знаходилися вище. У найпростішому випадку при видаленні трьох фігур по вертикалі змінюється лише частина стовпця та одна суміжна клітинка, задіяна в обміні. Отже, область ігрового поля, де потенційно може з'явитися новий хід, обмежена зоною над видаленими фігурами з відступом в 1-2 клітинки. Якщо видалені фігури знаходилися у верхній частині поля, підсумковий вплив на ігровий стан є мінімальним, а нові допустимі ходи, що з'явилися, теж локалізовані у верхній частині поля. Таким чином, гравець потрапляє у стан з обмеженою кількістю ефективних ходів, які він зобов'язаний виконувати до завершення часу, ліміту ходів або автоматичного перезаповнення поля (у разі відсутності допустимих ходів).

Відтак виникає потреба у розробці ігрової механіки, яка б сприяла спонтанному утворенню нових допустимих ходів, особливо в нижній частині ігрового поля.

У наявних іграх жанру ця потреба частково задовольняється впровадженням механізму періодичного виникнення фігур знизу ігрового поля, які «виштовхують» фігури вгору над собою. Цей метод є ефективним для полів простої форми, проте на ігрових полях із порожнінами, неопуклою формою або «заблокованими для руху фігур» клітинками його вплив стає обмеженим (рис. 1).

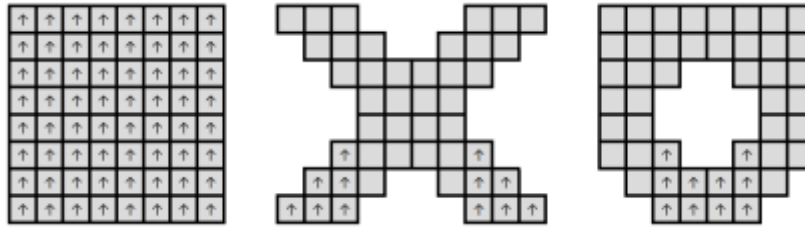


Рис. 1 – Траєкторії руху фігур при стандартному виштовхуванні вгору

Для усунення цього недоліку механіку виштовхування було модифіковано наступним чином: фігура може виштовхуватися не лише вертикально вгору, а й по діагоналях (вгору-ліворуч та вгору-праворуч), що розширює область впливу механіки (рис. 2). Для забезпечення передбачуваного та інтуїтивного руху фігур алгоритм повинен надавати пріоритет вертикальному переміщенню, використовуючи діагональні напрямки лише за необхідності.

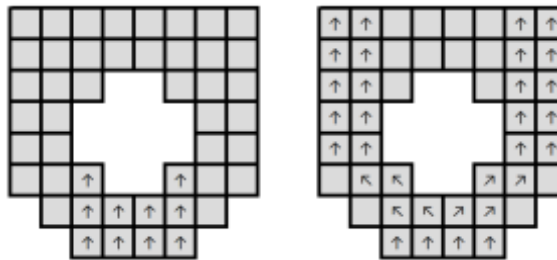


Рис. 2 – Траєкторії руху фігур при стандартному виштовхуванні вгору (ліворуч) та модифікованому виштовхуванні (праворуч)

Для реалізації запропонованої ігрової механіки було побудовано її формальну математичну модель на основі теорії графів. Рух фігур по клітинах ігрового поля інтерпретується як передача потоку крізь транспортну мережу, що зводить вихідну проблему до задачі знаходження максимального потоку мінімальної вартості. Для цього достатньо побудувати граф за наступними правилами:

1. Кожній доступній для руху клітинці ігрового поля ставляться у відповідність дві вершини графу: вхідна та вихідна.
2. Вхідна та вихідна вершини однієї й тієї самої клітинки з'єднані дугою, вартість якої дорівнює нулю.
3. Вихідна вершина клітинки з'єднується дугами з вхідними вершинами трьох клітинок зверху (суміжної та двох діагональних). Для пріоритезації вертикального руху вартість діагональних дуг повинна перевищувати вартість вертикальної дуги. Зокрема, вартість вертикальної дуги була взята рівною одиниці, а діагональних – рівною двом.
4. Джерело графу з'єднується дугами із вхідними вершинами клітинок нижнього рядка ігрового поля. Вартість цих дуг дорівнює нулю.
5. Вихідні вершини клітинок верхнього рядка ігрового поля з'єднуються дугами зі стоком графу. Вартість цих дуг дорівнює нулю.
6. Пропускна здатність всіх дуг дорівнює одиниці, що гарантує проходження крізь одну клітинку поля не більше ніж однієї фігури.

При програмній реалізації для розв'язання задачі знаходження максимального потоку мінімальної вартості застосовано модифікований алгоритм Форда-Фалкерсона, де на кожному кроці обирався збільшувальний шлях мінімальної вартості [2, 3]. Для визначення шляху мінімальної вартості використовувався алгоритм Левіта.

Висновки. У дослідженні проаналізовано проблему втрати стратегічної значущості ходів у іграх жанру «три в ряд», що зумовлена локальним характером змін ігрового поля при стандартних механіках. Запропоновано модифіковану ігрову механіку «виштовхування фігур знизу», яка забезпечує оновлення ігрового стану на полях складної геометрії. Виконано формалізацію запропонованої механіки в термінах потоків на графі. Програмна реалізація із застосуванням

алгоритмів Форда-Фалкерсона та Левіта підтвердила працездатність обраного підходу до підвищення динамічності геймплею.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Juul, "Swap Adjacent Gems to Make Sets of Three: A History of Matching Tile Games," Artifact, vol. 1, no. 4, pp. 205–216, 2007.
2. T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, Introduction to Algorithms, 3rd ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2009.
3. Minimum-cost Flows, 15-451: Algorithm Design and Analysis, Carnegie Mellon University, 2023. [Online]. Available: <https://www.cs.cmu.edu/~15451-f23/lectures/lecture14-min-cost-flow.pdf>. [Accessed: May 11, 2026].

УДК 004.75

ОПТИМІЗАЦІЯ ХМАРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ІГРОВИХ ПЛАТФОРМ ШЛЯХОМ АДАПТИВНОГО МАСШТАБУВАННЯ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ІГРОВИХ СЕСІЙ ТА ЧЕРГ ЗАПИТІВ

ШЕВЧУК В.В. (vlad87545@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Запропоновано метод автоматичного керування обчислювальними ресурсами для ігрових хмарних платформ на основі превентивного аналізу черг запитів. Розглянуто основні проблеми забезпечення стабільності серверів розрахованих на багато користувачів онлайн-ігор (ММО) під час пікових навантажень. Проаналізовано підходи до динамічного виділення ресурсів, а також оцінено ефективність метрик на основі черг у порівнянні з класичними апаратними метриками.

Стрімке зростання кількості гравців та висока динаміка ігрових сесій у сучасних проєктах зумовлюють актуальність задачі своєчасного масштабування інфраструктури. Традиційні підходи до автоскейлінгу, засновані на завантаженні центрального процесора (CPU) або оперативної пам'яті (RAM), є реактивними і часто не здатні ефективно протистояти раптовим напливам користувачів (наприклад, під час релізу або ігрових івентів), що призводить до відмов в обслуговуванні та збільшення затримок (latency) для гравців.

У рамках дослідження розроблено систему адаптивного масштабування, що функціонує на основі моніторингу довжини черг на вхід до ігрових світів (Matchmaking та Login queues) та метрик тривалості активних ігрових сесій. Для прийняття рішень про розгортання додаткових серверних вузлів використовується математична модель, яка враховує швидкість зростання черги та прогнозований час обробки підключень, дозволяючи системі реагувати превентивно.

Систему інтегровано у вигляді контролера масштабування для кластера Kubernetes. Порівняльний експеримент показав, що запропонований метод дозволяє скоротити середній час очікування гравців у черзі на 35% порівняно зі стандартним Horizontal Pod Autoscaler (HPA). При цьому загальні витрати на хмарну інфраструктуру утримуються на оптимальному рівні завдяки швидкому та агресивному вивільненню невикористаних ресурсів у періоди спаду активності.

Тестування системи проводилось на змодельованих навантаженнях до 50 000 одночасних запитів на підключення в умовах, близьких до реального масового запуску гри (сценарій "Crash on Launch"). Результати підтвердили ефективність підходу: система своєчасно ініціювала створення нових екземплярів серверів ще до досягнення критичного рівня завантаження існуючих потужностей, зберігаючи стабільний ігровий досвід (QoE).

Разом з тим виявлено обмеження, пов'язані з проблемою "холодного старту" (cold start) нових контейнерів у деяких хмарних провайдерів, що вимагає впровадження додаткового механізму попереднього прогріву пулу ресурсів.

Розроблений метод адаптивного керування ресурсами демонструє високу ефективність у забезпеченні стабільності ігрових платформ. Подальші дослідження передбачають інтеграцію

алгоритмів прогнозування часових рядів (наприклад, на основі нейронних мереж LSTM) для завчасного та інтелектуального визначення добових піків активності гравців.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Llorido-Botran, T. A Review of Auto-scaling Techniques for Elastic Applications in Cloud Environments / Llorido-Botran T., Miguel-Alonso J., Lozano J. A. // Journal of Grid Computing. – 2014. – Vol. 12, No. 4. – pp. 559-592.
2. Al-Roomi, M. Cloud Computing Pricing Models: A Survey / Al-Roomi M., Al-Ebrahim S., Buqraiz S., Ahmad I. // International Journal of Grid and Distributed Computing. – 2013. – Vol. 6, No. 5. – pp. 93-106.
3. Jha, S. O. A Comprehensive Survey on Cloud Gaming / Jha S. O., [et al.] // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – pp. 235-256.
4. Strumbelj, E. Explaining Prediction Models and Individual Predictions with Feature Contributions / Strumbelj E., Kononenko I. // Knowledge and Information Systems. – 2014. – Vol. 41, No. 3. – pp. 647-665.

Розділ 5.

Дизайн, арт та анімація (дизайн рівнів, саунддизайн, візуал та арт-складова ігор, анімація)

UDC 004.8:778.534.6

METHODOLOGY OF INTELLECTUAL VISUALIZATION OF ENGINEERING DESIGN RESULTS USING GENERATIVE AI

PANCHENKO N. V., SOTNIK S. V.

(nataliia.panchenko@nure.ua, svetlana.sotnik @nure.ua)

Kharkiv National University of Radio Electronics

The work investigates and practically implements a methodology for creating intelligent video content for visualizing the results of scientific and technical research. The relevance of the topic is dictated by the need to transform traditional formats of presenting diploma projects into dynamic multimedia products in the context of global digitalization. During the work, a step-by-step methodology was developed, comprising six main stages: from conceptualizing the script (Gemini) to final compositing (CapCut). Particular attention was given to methods for maintaining the character's visual coherence and accurately reproducing technical details (Arduino schemes, graphs) through the use of careful prompts and local animation tools (VEO 3). The practical result of the research was an animated clip in a cartoon format, demonstrating the full cycle of developing an automated control system for the thermofixation process in a DTF printer.

Problem Statement.

In the context of global digitalization and the total informatization of all spheres of social life, the transformation of approaches to presenting scientific results becomes an objective necessity [1-3]. In today's world of digital communications, traditional formats for presenting scientific and educational works are gradually losing their effectiveness. Students defending diploma projects face the problem of conveying complex technical ideas to the audience in an understandable and engaging form. Ordinary slide presentations are not always able to convey the dynamics of a process, the logic of an algorithm, or the essence of an engineering solution.

This problem is exacerbated by the rapid growth in the number of modern web resources and the volumes of information, which leads to content overload and requires new, more intensive methods of visual data presentation [4]. At the same time, creating high-quality video content has traditionally required significant resources: professional equipment, skills in video shooting, editing, and animation, as well as substantial time, which a student simply does not have while writing a thesis.

Thus, there is a contradiction: on the one hand, there is a high demand for visual presentation of work results, and on the other hand, there is a lack of accessible tools and competencies for creating it. The development of generative artificial intelligence opens up the possibility of solving this problem: modern AI tools (Gemini, Veo, ElevenLabs, CapCut) allow even an unprepared user to go through the full cycle of creating an animated video – from script to final editing – without special technical knowledge.

The purpose of the work is to develop and test a step-by-step methodology for creating intelligent animated content using generative artificial intelligence tools for effective visualization of diploma project results (using the example of developing an automated control system for the thermal fixation process in a DTF printer).

Essence of study.

The process of creating animated content based on generative artificial intelligence technologies is an iterative cycle that combines the cognitive activity of the author with the computational power of

neural networks. This process can be structured in the form of six sequential stages, each aimed at solving a specific visualization task. Creating a video using artificial intelligence is not magic, but a process. Therefore, the methodology of script development using generative models.

Stage 1. Conceptualization and decomposition of the script. To formalize the initial stage of video content production, the technology of target instruction for neural networks (prompt engineering) is used. The script and the idea are the brain of the project. Before generating anything, you need to know what the video will be about. Write a short plan: for example, «A girl drives through the streets of evening Kharkiv – The girl looks at the monitor – The girl assembles a model in Tinkercad – The girl creates an algorithm».

By using AI for assistance, for example, Gemini or ChatGPT, with the prompt: «Write a script for a 30-second animation about the struggles of writing a thesis. Break it into 4 scenes».

Stage 2. Generation of stylized visual assets. To ensure visual coherence of the project, it is necessary to define a single stylistic direction (for example, 3D Pixar style or 2D flat illustration). Important advice: for the «thesis» theme, it is important that the student looks the same in all frames. Describe them in detail: «A guy with glasses, wearing a blue hoodie, with messy hair». In this case, we have a female student.

Creating a character involves developing the image of a girl in the Pixar style (Fig. 1, a).

Stage 3. Synthesis of vocal accompaniment (Voiceover). To bring the character to life audiovisually, the ElevenLabs service can be used.

Stage 4. Dynamization of static images (Image-to-Video). The transformation of static content into dynamic content (video sequence) is carried out using the VEO 3 tool.

For technical shots, it is important to preserve details, such as, for example, Arduino diagrams, where «restrictive prompts» were used so that AI would not change any wire or text on the screen (Fig. 1, b).

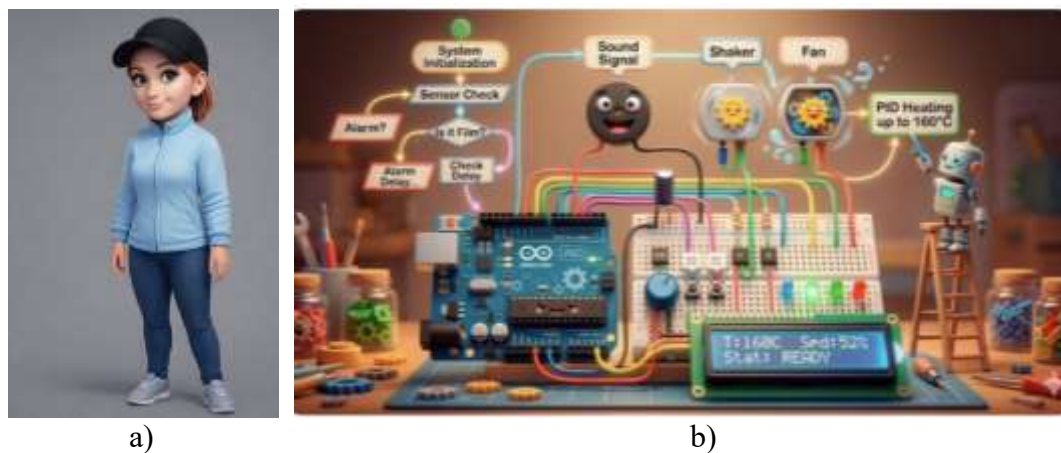


Fig. 1 – Character creation and technical shots

Stage 5. Technical visualization and effects. Creating visual metaphors of the «magic of code» through blending modes (Add, Screen). This allows simulating the glow of reflectors and the dynamics of logical nodes in flowcharts, visually demonstrating the system's decision-making algorithms under critical conditions (for example, overheating).

Stage 6. Compositing and post-production. The final assembly of multimedia components is carried out in video editors (CapCut, Canva). Sound design – combining the unsettling noise of rain at the beginning with a dynamic «techno beat» during the layout assembly.

Technical sounds (SFX) include adding a buzzer sound (BUZZ!) at startup, a quiet fan hum, and keyboard «clicks» for realism.

The closing title is the final slogan: «Safety becomes style. Made for Kharkiv – made for people!».

Practical recommendations for beginners:

1. Iterativeness, because if anatomical or logical anomalies occur in generation, the frame should be re-rendered with a corrected prompt.

2. Concise, because the optimal duration of the first AI presentation is 15-30 seconds.

3. Detailing of queries, as the accuracy of the action description is directly proportional to the quality of the result and the minimization of neural network «hallucinations» (Fig. 2).

Figure 2 demonstrates the practical implementation of the principle of query detailing. Thanks to precise prompting, the neural network correctly reproduced not only the Pixar visual style but also specific technical elements: the output voltage calculation formula (V_{out}), the architecture of the Uno R3 microcontroller, and the algorithm flowcharts. This confirms the thesis that proper verbalization of an engineering task allows AI to act not just as a graphic tool, but as a means of intelligent visualization of scientific data, while also minimizing the likelihood of errors in complex circuits.



Fig. 2 – Visualization of complex technical processes: integration of mathematical models and microcontroller interface in a stylized frame

Conclusions

During the research, a comprehensive methodology for creating intelligent video content to visualize the results of diploma design was developed and tested. The main result of the work was an animated video, executed in the style of modern animated cinema, which, in an accessible and dynamic form, demonstrates the key stages of developing an automated control system for the thermofixation process in a DTF printer. The use of an AI animation format allowed transforming complex technical aspects (heating algorithms, Arduino circuit diagrams, logic of system node interactions) into an understandable visual sequence. This significantly enhances the perception of engineering solutions by the audience compared to traditional static presentations.

It has been proven that the integration of generative artificial intelligence tools (Gemini, Veo, ElevenLabs) allows an engineering student to independently implement the full media production cycle – from script to final editing – without involving professional studios or specialized videography skills. A step-by-step methodology has been created, and an example of a video presentation is provided, confirming that customization of the AI character and detailing of technical prompts ensure high accuracy in reflecting the real system parameters (for example, DTF printing control stations), while maintaining the integrity of the scientific context.

REFERENCES

1. S. Sotnik, et al., “Chat GPT features in data search,” in Proc. 9th Int. Sci. Pract. Conf. Scientific progress: innovations, achievements and prospects, Munich, Germany, May 29-31, 2023, pp. 139-144
2. I. S. Nevludov, et al., “Cloud giants: AWS, Azure and GCP,” in Proc. 2023 2nd International Conference on Innovative Solutions in Software Engineering, Ivano-Frankivsk, Ukraine, November 29-30, 2023, pp. 18-24
3. A. Konieva, et al., “Main trends in the development of automated image processing systems,” in Proc. Int. Sci. Conf., Computer-integrated technologies, automation and robotics (CITAR-2025), 2025, pp. 68-72
4. A. S. Andreiev, et al., “Method of forming and processing technical images using artificial intelligence,” in Proc. XVII Int. Sci. Pract. Conf. Information technologies and automation – 2024, Odessa, Ukraine, Nov. 1, 2024, pp. 712-714

РОЛЬ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР ТА МУЛЬТИМЕДІА У РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ КОМУНІКАЦІЇ

БУРДАКІНА Ю.А., СЛІТЮК О.О.,
(ulaburdakina@gmail.com)

Київський національний університет технологій та дизайну

У роботі розглянуто роль відеоігор та медіатехнологій у сучасній цифровій комунікації. Проаналізовано значення дизайну 2D-персонажів у емоційній комунікації між користувачем та ігровим середовищем. Виявлено вплив основних принципів дизайну персонажів та медіа-контенту на візуальне сприйняття користувачів. Аналіз демонструє актуальність 2D-графіки в сучасній індустрії відеоігор та її ефективність у створенні інтерактивних цифрових середовищ.

У сучасному цифровому середовищі відеоігри стали невід'ємною частиною гібридної медіакультури та найпоширенішим засобом цифрової комунікації. Окрім розваги вони також сприяють взаємодії користувачів, обміну інформацією, творчому розвитку та створенню емоційних вражень [1]. Сучасні ігрові платформи об'єднують мільйони людей у спільному віртуальному світі, поєднуючи візуальні образи, взаємодію між собою та з медіа-контентом. Однак сьогодні однією з головних проблем сучасної ігрової індустрії є брак досліджень щодо ролі дизайну персонажів у процесах цифрової комунікації та щодо емоційного сприйняття користувачами ігрового контенту. Це особливо актуально для 2D-ігор, через їхній візуальний стиль та колірну гаму.

Метою цієї роботи є дослідження ролі відеоігор та медіатехнологій у сучасній цифровій комунікації, а також визначення важливості створення персонажів для встановлення емоційного зв'язку між користувачем та ігровим середовищем.

Як показали проведені дослідження, у сучасних 2D-відеоіграх дизайн персонажів відіграє ключову роль у цифровій взаємодії між грою та гравцем. Завдяки своєму зовнішньому вигляду, стилю, колірній гамі, міміці та анімації персонажі передають атмосферу ігрового світу, його настрій та елементи сюжету. Візуальне зображення персонажа допомагає користувачеві швидше сприймати та розуміти інформацію, а також взаємодіяти з ігровим середовищем та атмосферою. У сучасній індустрії відеоігор необхідно створювати унікальних та інноваційних персонажів, щоб ефективно налагодити зв'язок з аудиторією. Саме завдяки вдалому дизайну персонажів покращується розуміння контенту в різних медіа, підвищується інтерес до гри, що сприяє більшій залученості користувачів.

2D-ігри також виявилися ефективним засобом передачі емоцій та художніх образів завдяки своїй художній простоті та візуальній виразності, створюючи цілісне цифрове середовище шляхом поєднання графіки, анімації та інтерактивних елементів. У сучасній ігровій індустрії актуальність 2D-графіки пов'язана з її художньою стилізацією, доступністю та здатністю ефективно передавати візуальну інформацію. Сьогодні злиття ігор та медіа стало не лише формою розваги, а й важливим інструментом комунікації, творчості та взаємодії у цифровому світі.

Персонажі, окрім своєї естетичної функції, виступають посередниками між гравцем та ігровим світом, формуючи загальну атмосферу проекту та посилюючи емоційний зв'язок з грою. Завдяки взаємодії з персонажем користувач отримує глибше розуміння атмосфери гри, особливостей світу та сюжетного змісту. Жанр та сюжет гри відіграють значну роль у створенні персонажа. Вони визначають візуальний стиль, особистість персонажа, колірну палітру та візуальні елементи. Наприклад, якщо фентезі-ігри відрізняються деталізованим оточенням та стилізованими елементами, то платформери чи казуальні ігри, як правило, використовують простіші, легше впізнавані стилі.

Завдяки вдалому поєднанню візуального стилю, анімації, особистості персонажа та концепцій оповіді комунікація між грою та користувачем стає чіткішою. Він також став частиною сучасної цифрової культури, широко використовується в анімації та інтерактивному контенті. Це демонструє важливість відеоігор як сучасного засобу комунікації та передачі візуальної інформації.

Важливим аспектом у створенні дизайну персонажів є вплив кольорової палітри на емоційне сприйняття користувача. Колір допомагає сформувати перше враження про персонажа,

охарактеризувати його характер, роль у сюжеті та загальну емоційну атмосферу. Теплі кольори, особливо червоний, помаранчевий і жовтий, зазвичай асоціюються з енергією, небезпекою, активністю або агресивністю, а холодні кольори створюють враження спокою, таємничості або стриманості. Проведене дослідження показало, що правильно підібрана кольорова палітра дозволяє швидше передати емоційний стан персонажа та покращує його впізнаваність у цифровому середовищі.

Форма та силует персонажа відіграють не менш важливу роль у сприйнятті персонажів. Доведено, що форма безпосередньо впливає на сприйняття користувачем характеру персонажа. Наприклад, округлі форми, та плавні лінії асоціюються з доброзичливістю, відкритістю та безпекою, а гострі кутові лінії та асиметричні елементи можуть підкреслювати агресивність, небезпеку або негативну роль персонажа в сюжеті [2]. Саме завдяки формі користувач може інтуїтивно сприймати особливості персонажа ще до того, як почне з ним взаємодіяти.

Також прийом перебільшення в пропорціях, жестах й положенні тіла створюють драматичний ефект. Перебільшення - основа в шаржах та карикатурах, підкреслює певні риси особистості. Перебільшуючи особливості персонажа, автор допомагає глядачеві визначити характер персонажа, основні його якості. Перебільшення певних рис персонажа змусить його здаватися більш значимим [2].

Особливу увагу було приділено впливу анімації на сприйняття персонажів. Встановлено, що рухи, жести та динаміка персонажа допомагають краще передати його емоційний стан, характер та особливості поведінки. Навіть мінімальна анімація в 2D-іграх може значно поліпшити взаємодію користувача з ігровим середовищем і зробити цифрову комунікацію більш живою та емоційною.

Отже, у 2D-відеоіграх дизайн персонажів є фундаментальною складовою сучасної цифрової комунікації. Завдяки цим зображенням користувач може сприймати та відчувати атмосферу гри, її сюжет та характерні особливості ігрового середовища. Дизайн персонажів не лише виконує естетичну функцію, а й забезпечує емоційний зв'язок між грою та її аудиторією, формуючи загальне сприйняття мультимедійного контенту. Також, на ефективний дизайн персонажів значний вплив мають жанр гри, концепція оповіді та художній стиль проєкту. Поєднуючи візуальне зображення, анімацію та особистість персонажа, можна створити зручне для користувача та емоційно насичене цифрове середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Створення та розробка дизайну 2D персонажів і моделей для ігор. ArionisGames. URL: <https://arionisgames.com/uk/services/full-cycle-gamedev/2d-character-design/>
2. Слітюк О.О., Данильчук К.А. Особливості вибору композиційних засобів при створенні образу анімаційного персонажа. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Інновації: монографія / редкол.: О.В. Вовк, І.Б. Чеботарьова, Ж.В. Дейнеко, та ін. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2022, С. 103-114.

УДК 004.921

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ДИЗАЙНУ СТИЛІЗОВАНОГО ІГРОВОГО 3D-СЕРЕДОВИЩА

ВОЛНЯНСЬКА В.П., СЛІТЮК О.О. (veronika.volnianska@gmail.com)

Київський національний університет технологій та дизайну

Робота присвячена розробці стилізованого ігрового 3D-середовища з акцентом на технічну оптимізацію та візуальну виразність. У дослідженні розглядається підхід, що базується на використанні низькополігональної геометрії, а основна увага приділяється принципам композиційної побудови сцени за правилом третин та застосуванню дводжерельного кольорового освітлення для формування необхідної атмосфери.

Ігрова індустрія швидко розвивається, і разом з нею зростають вимоги як до технічних аспектів, так і до зовнішнього вигляду гри. Розробники постійно шукають нові способи зробити ігровий світ переконливим і привабливим для гравця.

Попри те, що технології дозволяють створювати все більш реалістичну графіку, фотореалізм не завжди є найкращим вибором. Практика показує, що гравець може глибше відчувати атмосферу гри не через максимальну деталізацію, а через виразний художній стиль. Правильно підібрані кольори, форми та освітлення здатні передати настрій і характер ігрового світу краще, ніж висока кількість полігонів.

Саме тому сучасний дизайн ігрового середовища все частіше звертається до стилізації як до свідомого творчого рішення. Такий підхід дає змогу сформувати впізнаваний візуальний образ гри та викликати у гравця потрібну емоційну реакцію. Таким чином, емоційний відгук гравця стає важливішим критерієм якості, ніж технічні показники графіки.

Метою дослідження є розробка підходів до створення стилізованого 3D-ігрового середовища, а також дослідження способів, що дозволяють досягти виразної та атмосферної сцени з мінімальною кількістю полігонів.

В ході проведених досліджень було проаналізовано традиційний спосіб низькополігонального моделювання [1], принципи оптимізації геометрії та закономірності побудови композиції в тривимірному просторі [2, 3]. Окрему увагу приділено дослідженню психологічного впливу кольорового освітлення на формування емоційного фону 3D-сцени [4].

Під час розробки 3D-середовища, було виявлено характерну суперечність: висока деталізація моделей перевантажує пристрій, тоді як надмірне спрощення позбавляє сцену художньої виразності. Для визначення стильового напрямку та естетичних орієнтирів у роботі було обрано гру «Sky: Children of the Light» як візуальний референс — завдяки її характерним плавним формам і атмосферному підходу до побудови середовища.

Спираючись на результати проведеного аналізу, було розроблено ігрову сцену, яка виступає як методологічний зразок, що поєднує в собі оптимізацію та художню виразність (рис. 1).

Для створення привабливих але мінімально навантажених моделей, було прийнято рішення щодо використання методу Low Poly Modeling, що дозволяє будувати геометрію лише з необхідних полігонів, уникаючи тих, які не помітні глядачеві. Найоптимальнішим варіантом програмного забезпечення став Blender 3D — безкоштовний редактор з відкритим вихідним кодом, що містить усі необхідні інструменти для реалізації поставлених завдань. Його вбудовані інструменти Bevel та Decimate Modifier дозволяють ефективно керувати кількістю полігонів без залучення стороннього програмного забезпечення, що спрощує робочий процес і скорочує час розробки. Для кожного об'єкта було визначено мінімальну кількість полігонів, достатньої для збереження форми та впізнаваності об'єктів. Автоматичні алгоритми зменшення полігонів (Decimate Modifier) дозволяють прибрати непотрібну геометрію, хоча іноді можуть її спотворювати. Там, де автоматика не дає потрібного результату, 3D-художники застосовують ручну ретопологію: поверх детальної high-poly моделі будується новий спрощений меш, який точно повторює форму оригіналу. Але оскільки зазначена розробка не передбачає скульптинг, застосовувати ретопологію не потрібно. Для всіх об'єктів використано інструмент Bevel, який замінює гострі ребра м'якими фасками і додає плавності краям. У процесі моделювання було встановлено, що ефективніше контролювати згладженість форми вручну через Bevel, ніж покладатись на автоматичні алгоритми Decimate Modifier — оскільки автоматика не враховує художній намір і може спотворити обриси об'єкта.



Рис. 1 — Розроблена 3D-сцена

Однак, оптимізована геометрія є лише першою умовою якісної сцени. Навіть найкраще змодельовані об'єкти не створять переконливого середовища без грамотної розстановки у просторі. Рішенням у даному дослідженні постає свідоме застосування класичних правил композиції для побудови сцени. Зокрема, використання правила третин дозволяє розмістити ключові об'єкти, як-от торшер у ролі домінанти та столик як смислову вісь, у вузлових точках умовної сітки. Таке розташування забезпечує найбільш природне сприйняття простору. Головні елементи виділяються за допомогою масштабування, де найвищий за розміром торшер фокусує на собі увагу, тоді як стільці та тумба виконують функцію фонового наповнення (рис. 1). Завдяки продуманому розподілу об'єктів досягається візуальна рівновага, за якої всі частини сцени залишаються композиційно збалансованими. Іншими словами, глибина простору забезпечується багатоплановістю: стільці на передньому плані, столик у середньому та тумба на задньому. Це дозволило підкреслити тривимірність навіть на статичному рендері без застосування складних ефектів. Згідно з дослідженнями у сфері візуального сприйняття, правильно побудована композиція знижує когнітивне навантаження і дозволяє гравцю швидше зчитувати простір.

Наступним важливим етапом було додавання освітлення, що є ключовим інструментом формування атмосфери. Саме воно перетворює геометрично прості об'єкти на емоційно насичене середовище. Щоб досягти «магічності» без складних шейдерів і текстур, було використано два джерела світла з різними кольоровими температурами, що взаємодіють на темному нейтральному тлі.

Окрема увага приділялась визначенню того, як кольори можуть впливати на сприйняття. Жовте тепле світло торшера символізує домашній комфорт, оптимізм і безпеку. Психологічно жовтий колір асоціюється із сонячним світлом і відчуттям тепла, а його вплив найсильніший у поєднанні з темним оточенням. Рожево-фіолетове світло від декоративної кулі додає сцені казковості та легкості — саме ті якості, що є основою стилю гри-референсу «Sky: Children of the Light». Рожевий має заспокійливий ефект і пом'якшує загальний настрій простору. Холодний синьо-сірий фон стін та підлоги підсилює обидва джерела через колірний контраст (рис. 1).

А отже, таке рішення є ефективним технічно (два point light замість складної системи освітлення) і водночас художньо, тому що відповідає низькополігональній стилістиці та повністю відтворює характерну атмосферу гри. Це підтверджує, що грамотна робота з кольірним контрастом дозволяє наповнити сцену сенсом, не вдаючись до складних графічних налаштувань.

В результаті проведеної роботи запропоновано підходи, щодо створення стилізованого 3D-ігрового середовища, які поєднують просту геометрію з інструментом Bevel, збалансовану розстановку об'єктів за правилом третин та дводжерельне кольорове освітлення. Розроблена сцена демонструє, що прості low-poly форми здатні створювати атмосферне ігрове середовище без надмірного навантаження на систему.

Практична цінність роботи полягає в тому, що запропонований підхід є відтворюваним. Він не потребує складного програмного забезпечення, дорогих ресурсів або великого досвіду, і може бути застосований при розробці 3D-сцен в обмежених технічних умовах. Це робить його актуальним як для інді-розробників, так і для навчальних проєктів у сфері 3D-моделювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. M. Keleşoğlu and D. Güleç Özer, "A study on digital low poly modeling methods as an abstraction tool in design processes," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 9, no. 7A, pp. 153–169, 2021, doi: 10.13189/cea.2021.091513.
2. 3DAS, «9 правил композиції», 3das.com.ua, 2 трав. 2026. [Онлайн]. Доступно: <https://3das.com.ua/9-pravil-kompozitsiyi/>. [Дата звернення: 7 трав. 2026].
3. C. Solarski, *Gaming Art: Form, Function and Meaning*. Chris Solarski, 2012.
4. А. М. Крижка, "Психолого-педагогічні координати розвитку особистості", 3б. наук. матеріалів IV Міжнар. наук.-практ. конф., С. Д. Максименко, Н. В. Чепелева, та В. О. Моляко, Ред. Полтава, Україна: Нац. ун-т "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", 2023, с. 142–181.

ОСНОВИ ДИЗАЙНУ РІВНІВ У СУЧАСНИХ ІГРАХ

ГОНЧАРУК Д.О. (d.honcharuk@student.karazin.ua)

ЗАІЧЕНКО Ю.П. (yuliia.zaichenko@student.karazin.ua)

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна (Україна)

У роботі розглянуто ключові підходи до дизайну рівнів у сучасних відеоіграх. Проаналізовано принципи побудови ігрового простору, зокрема баланс складності, навігацію гравця та інтеграцію механік у середовище. Окрему увагу приділено ролі візуальних та інтерактивних елементів у формуванні досвіду користувача. Визначено сучасні тенденції розвитку level design, включаючи процедурну генерацію та використання аналітики поведінки гравців.

Дизайн рівнів є одним із ключових компонентів сучасної відеоігрової індустрії, що безпосередньо впливає на залучення гравця, його досвід та загальне сприйняття гри [6]. У сучасних умовах швидкого розвитку геймдеву роль level design суттєво зросла, оскільки саме він забезпечує взаємодію між гравцем і ігровою системою, визначаючи темп, складність та емоційне наповнення ігрового процесу. Актуальність теми зумовлена необхідністю створення більш інтерактивних, адаптивних та інтуїтивно зрозумілих ігрових середовищ.

Метою роботи є аналіз основних принципів дизайну рівнів у сучасних іграх та визначення факторів, що впливають на ефективність їх реалізації. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: дослідити базові теоретичні підходи до level design; проаналізувати сучасні практики побудови ігрових рівнів; визначити роль візуальних, функціональних та поведінкових елементів у формуванні користувацького досвіду.

Сутність дизайну рівнів полягає у створенні структурованого ігрового простору, який поєднує геймплейні механіки, сюжетні елементи та візуальне оформлення в єдину інтегровану систему [1]. Рівень виступає не лише як середовище, але і як інструмент передачі інформації, який направляє гравця, формує його поведінку та визначає спосіб взаємодії з ігровим світом. Важливою характеристикою сучасного level design є його орієнтація на користувача, що передбачає врахування когнітивних та психологічних особливостей сприйняття інформації [5].

Одним із ключових принципів дизайну рівнів є баланс складності. Він полягає у поступовому ускладненні завдань, що дозволяє підтримувати інтерес гравця без створення надмірного стресу або фрустрації [6]. Недостатній рівень складності призводить до втрати мотивації, тоді як надмірна складність може викликати відмову від гри. Саме тому сучасні ігри все частіше використовують адаптивні системи складності, які підлаштовуються під рівень навичок гравця.

Важливим аспектом є навігація у межах ігрового простору. Рівень повинен бути спроектований таким чином, щоб гравець інтуїтивно розумів напрямок руху та можливі дії без необхідності використання додаткових інструкцій [1], [2]. Це досягається за допомогою візуальних орієнтирів, освітлення, контрасту, кольорових акцентів та композиційних рішень. Наприклад, використання світла може підсвічувати ключові об'єкти або шляхи, а архітектурні елементи можуть направляти рух гравця у потрібному напрямку.

Сучасні підходи до дизайну рівнів передбачають інтеграцію ігрових механік безпосередньо у середовище [3]. Це означає, що рівень перестає бути пасивним фоном і стає активним учасником геймплею. Наприклад, інтерактивні об'єкти, змінне середовище або фізичні взаємодії дозволяють створювати більш динамічний та захоплюючий ігровий процес. Такий підхід сприяє підвищенню рівня занурення гравця у віртуальний світ.

Окрему увагу слід приділити використанню процедурної генерації контенту, яка є одним із ключових трендів сучасного геймдеву [4]. Вона дозволяє автоматично створювати рівні або їх елементи, забезпечуючи унікальність кожного ігрового проходження. Це особливо актуально для ігор з відкритим світом або roguelike-проектів, де важливо забезпечити високу реіграбельність.

Крім того, важливу роль відіграє використання аналітики поведінки гравців [7]. Збір і аналіз даних про дії користувачів дозволяє розробникам оптимізувати дизайн рівнів, виявляти проблемні ділянки та адаптувати ігровий процес відповідно до реальних сценаріїв використання. Це сприяє створенню більш збалансованих та ефективних ігрових середовищ.

Не менш важливим є вплив художніх та аудіовізуальних елементів на сприйняття рівня. Візуальний стиль, деталізація середовища, використання кольору та звукового супроводу формують емоційний стан гравця та підсилюють ефект занурення. Таким чином, дизайн рівнів знаходиться на перетині технічних, художніх та психологічних аспектів, що робить його складним багатокomпонентним процесом.

Таким чином, можна зробити висновок, що ефективний дизайн рівнів є результатом комплексного підходу, який враховує механіки гри, поведінку користувача та сучасні технологічні можливості. Використання сучасних інструментів, таких як процедурна генерація, аналітика та інтерактивні середовища, дозволяє створювати інноваційні ігрові продукти, що відповідають вимогам сучасної індустрії [5], [8]. Подальші дослідження у цій сфері можуть бути спрямовані на вдосконалення адаптивних систем дизайну рівнів та інтеграцію штучного інтелекту у процес їх створення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Totten M. An Architectural Approach to Level Design / M. Totten. – CRC Press, 2024. – 238 p.
- [2] Unity Technologies. Level Design Fundamentals in Game Development / Unity Learn // Official documentation. – 2024.
- [3] Epic Games. Level Design Techniques in Unreal Engine 5 / Epic Games // Unreal Engine Documentation. – 2024.
- [4] Smith G. Procedural Content Generation in Games / G. Smith // Springer, 2025. – 310 p.
- [5] Hunicke R. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research / R. Hunicke, M. LeBlanc, R. Zubek // Game Studies. – 2024.
- [6] Adams E. Fundamentals of Game Design / E. Adams. – New Riders, 2024. – 400 p.
- [7] Кравченко О. С. Основи геймдизайну та дизайну рівнів у сучасних іграх / О. С. Кравченко // Інформаційні технології. – 2023. – С. 45–52.
- [8] Петренко В. М. Проектування ігрових рівнів: методи та підходи / В. М. Петренко // Комп'ютерні науки та ігрові технології. – 2024. – С. 88–95.

УДК 741.5:004.92

ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ ПЕРСОНАЖІВ: ВІД ЕСТЕТИЧНОГО ОНОВЛЕННЯ ДО КУЛЬТУРНОЇ РЕПРЕЗЕНТАЦІЇ

ДРАЛО А.С. (nastia.drало@gmail.com), СЛІТЮК О.О.
Київський національний університет технологій та дизайну

У роботі запропоновано підходи до створення редизайну персонажів як інструменту актуалізації візуальної ідентичності у сфері ігрової та анімаційної індустрії. Проаналізовано теоретичні засади редизайну, визначено функції та межі його застосування. Обґрунтовано доцільність використання психологічних принципів форми і кольору у процесі трансформації візуального образу.

Стрімкий розвиток ігрової та анімаційної індустрії зумовлює необхідність постійного оновлення візуальних образів персонажів з метою підтримання їхньої конкурентоспроможності та відповідності сучасним естетичним вподобанням споживача [1]. Саме у цьому контексті редизайн набуває статусу не лише творчої практики, а й стратегічного інструменту розвитку персонажа. Редизайн, як цілеспрямована трансформація візуальної концепції, є механізмом подолання візуальної застарілості та узгодження образу персонажа з актуальними соціокультурними очікуваннями аудиторії. Разом із тим, редизайн не обмежується корпоративним сегментом — він активно реалізується у сфері фанатської творчості, де аматорська візуальна інтерпретація (фан-арт) виконує функцію художньої рефлексії та непрямого маркетингу [2].

Актуальність дослідження визначається тим, що з розвитком суспільства змінюються естетичні преференції та ціннісні орієнтири аудиторії, внаслідок чого візуальні образи, які раніше відповідали запитам реципієнта, сьогодні можуть сприйматися як застарілі або такі, що не

відповідають сучасним стандартам репрезентації. Оновлення зовнішнього вигляду персонажів дозволяє відобразити еволюцію бренду, підкреслити його орієнтованість на сучасність, а також скористатися новітніми інструментами анімації та комп'ютерної графіки для підвищення якості візуального продукту.

Метою роботи є розробка підходів редизайну персонажів та використання цих підходів для створення авторської візуальної концепції редизайну персонажів з урахуванням фольклорних першоджерел та принципів психології кольору і форм. Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання: визначення функцій та меж застосування редизайну; аналіз успішних прикладів редизайну персонажів у сучасній ігровій індустрії; розробка та обґрунтування авторської концепції редизайну персонажа.

У процесі дослідження було проаналізовано теоретичні підходи до редизайну, окреслено його функції та інструменти реалізації. Встановлено, що редизайн є не лише естетичним оновленням, а й стратегічним рішенням, спрямованим на синхронізацію візуального образу із сучасними технологічними можливостями та суспільними цінностями.

Ключовим інструментом у процесі розробки редизайну є психологія форм і кольору, яка дозволяє миттєво передати особистість персонажа, його емоційний стан та роль в історії. Для досягнення візуальної цілісності образу застосовується пропорційна модель 60-30-10, що структурує палітру на домінуючий, вторинний та акцентний сегменти, підсилюючи читабельність силуету та смислове навантаження персонажа.

За приклад вдалого редизайну персонажа розглянемо головну героїню серію ігор про виживання в дикій природі «Tomb Raider» – Лара Крофт. Первісний дизайн героїні зазнавав критики з боку ігрової спільноти через надмірну сексуалізацію та низький рівень практичності: відкритий одяг суперечив характеру діяльності героїні, тоді як персонажі-чоловіки зі схожих ігор мали значно функціональніший вигляд. Найпомітніша трансформація образу відбулася з перезапуском серії у 2013 році. Одяг героїні було змінено на реалістичний та сучасний, пропорції тіла та риси обличчя приведено у відповідність до актуальних стандартів, що стало можливим завдяки розвитку технологій та трансформації суспільних цінностей. Цей редизайн, який вважається однією з найкращих ігор серії, відображає більш зрілий та приземлений тон цієї історії та був повторно використаний для двох продовжень серії [3].

Розроблені підходи були реалізовані у авторській візуальній концепції редизайну персонажу Мавка. Метою проєкту редизайну було наближення візуального образу Мавки до фольклорних першоджерел – образу лісового духу слов'янської демонології, а також дослідження альтернативних варіантів художньої інтерпретації персонажа в емоційному стані гніву (рис. 1).



а

б

Рис. 1 – Дизайн Мавки:

а) «Мавка. Лісова пісня» (2023, реж. О. Рубан і О. Маламуж);

б) авторська концепція редизайну Мавки

В дизайні анімаційного фільму «Мавка. Лісова пісня» риси обличчя персонажа характеризуються заокругленими, «м'якими» формами, що формують образ доброзичливого та доступного персонажа (рис. 1а). В авторському редизайні ці форми набувають загостреного характеру, що відповідає семантиці небезпеки та потойбічності. Зелений колір волосся,

традиційно асоційований із природою та позитивними конотаціями, замінено на вугільно-чорний, що підсилює відчуття загрози. Очі набули яскравого жовтого забарвлення - кольору, що у природі виконує функцію застереження. Шкіра на спині відсутня, оголюючи кістки як знак приналежності до потойбічного світу (рис. 16). Пропорційна модель колірної палітри побудована на контрасті темних домінантних тонів (60%) із холодними вторинними (30%) та жовтими акцентними (10%) відтінками.

Такий дизайн орієнтований на дорослу аудиторію та може бути застосований у відеоіграх жанру «темне фентезі», горор-анімації або інтерактивних медіапроектах, спрямованих на популяризацію слов'янської культурної спадщини.

Таким чином, редизайн персонажів є ефективним інструментом актуалізації візуальних образів, що дозволяє адаптувати їх до сучасних естетичних преференцій і соціокультурного контексту. Застосування принципів психології форм і кольору забезпечує візуальну цілісність та смислову виразність образу. Розроблений авторський редизайн Мавки засвідчує, що редизайн може слугувати не лише засобом оновлення візуальної ідентичності, а й інструментом дослідження та популяризації української культурної спадщини і слов'янської демонології у сучасному медіапросторі. Такий підхід органічно поєднує розважальну функцію з освітньою, відкриваючи перспективи для подальших досліджень у напрямку розробки образів на основі фольклорних архетипів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] New IT School, "Яким буває дизайн?," itschool.vn.ua. [Online]. Available: <https://www.itschool.vn.ua/what-happens-to-design/> [Accessed: Apr. 25, 2026].
- [2] Btrax Design Company, "Balancing Tradition and Modernity: The Redesign of Nostalgic Characters," blog.btrax.com. [Online]. Available: <https://blog.btrax.com/redesigning-nostalgic-characters/> [Accessed: Apr. 25, 2026].
- [3] TheGamer, "10 Best Video Game Character Redesigns," thegamer.com. [Online]. Available: <https://www.thegamer.com/best-video-game-character-redesigns-changes/> [Accessed: Apr. 25, 2026].

УДК 741.5:004.92

ПОЄДНАННЯ ВІЗУАЛЬНОГО МИСТЕЦТВА ТА НАРАТИВУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ОБРАЗУ ПЕРСОНАЖА НА ПРИКЛАДІ МАЛЬОПИСУ «ХРОНІКИ НЕ ГЕРОЯ»

СРЕМЕНКО С. І., ДИМОВА А. П.
(rentin4444@gmail.com)

Запорізький національний університет

У тезах досліджено особливості поєднання візуального мистецтва та наративу у процесі створення образу персонажа авторського мальовису «Хроніки не Героя». Розглянуто роль композиції, графічної стилізації, кольорової гами, кадрування та цифрових інструментів у формуванні візуальної мови проєкту. Проаналізовано принципи побудови образу персонажа засобами сучасного графічного дизайну та візуального сторітелінгу.

Постановка проблеми. Мальовис є важливим засобом сучасної візуальної комунікації, що поєднує текстовий наратив та графічне мистецтво в єдину художню систему [1]. Сучасний ринок мальовисів активно розвивається, а авторські графічні проєкти набувають популярності серед різних вікових категорій читачів [2]. Теоретичні та практичні аспекти створення артбуків, графічних романів і візуальних видань досліджуються у працях

сучасних науковців та дизайнерів [3], [4]. Однією з актуальних проблем сучасного графічного мистецтва є шаблонність образів персонажів та повторюваність композиційних рішень. У зв'язку з цим актуальним є створення авторських мальовисів із виразною візуальною стилістикою та цілісною системою візуального сторітелінгу [5].

Перелік вирішених завдань. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: дослідити теоретичні аспекти графічного мистецтва та книжкової ілюстрації [5], [6];

проаналізувати принципи побудови наративної структури у графічних творах [7]; дослідити особливості візуального сторітелінгу та композиції у мальовисах [8]–[10]; розробити авторський образ персонажа для мальовису «Хроніки не Героя»; сформувати візуальну систему проєкту засобами композиції, кольорової гама, світлотіні та цифрового рендерингу [11], [12].

Суть дослідження. Проєкт «Хроніки не Героя» спрямований на створення авторського образу персонажа шляхом поєднання наративу та візуального мистецтва. Концепція мальовису базується на переосмисленні традиційного образу героя через засоби графічного дизайну та візуальної драматургії. Візуальна мова проєкту побудована на використанні асиметричних композицій, контрастного світлотіньового моделювання та динамічного кадрування, що дозволяє підсилити емоційне напруження сцен і сформувати атмосферу художнього середовища.

Особлива увага приділена дизайну персонажа. Силует, пластика рухів, форма одягу та міміка використовуються як інструменти розкриття характеру героя. Для створення візуального образу застосовано приглушену кольорову палітру з домінуванням холодних відтінків, що дозволяє підкреслити психологічний стан персонажа та його взаємодію із навколишнім середовищем. Важливу роль у структурі мальовису відіграє композиція сторінки: зміна масштабу кадрів, використання великих планів і нестандартних ракурсів допомагають керувати темпом читання та акцентувати увагу на ключових сюжетних епізодах [8], [9].

У процесі створення проєкту використовувалися сучасні цифрові інструменти для побудови ескізів, лінійної графіки, текстуровання та фінального рендерингу. Це дозволило оптимізувати процес ілюстрування, забезпечити цілісність художньої стилістики та підвищити виразність візуальних елементів. Поєднання тексту та ілюстрації формує єдину систему візуальної комунікації, у якій графічні засоби підсилюють наративну структуру твору [10], [12].

Сформульовані висновки. У результаті дослідження було визначено особливості поєднання візуального мистецтва та наративу у процесі створення образу персонажа авторського мальовису. Встановлено, що використання композиційних прийомів, графічної стилізації, кольорової палітри, світлотіньового моделювання та цифрових технологій дозволяє створити цілісний і виразний художній образ. Розробка мальовису «Хроніки не Героя» демонструє ефективність сучасних принципів графічного дизайну та візуального сторітелінгу у створенні авторського мультимедійного проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. В. Бідун, «Артбук у теоретичному вимірі й у системі практик редактора», Наукові записки Інституту журналістики, т. 1, № 74, с. 78–94, 2019.
- [2] О. Копецька, «Артбук як різновид нішевих видань», Наукові записки Інституту журналістики, т. 55, с. 66–69, 2014.
- [3] С. І. Мільчевич та Н. Б. Жук, «Комерційний артбук: виокремлення терміну та стилістичні особливості продукту», Молодий вчений, № 4, с. 533–538, 2020.
- [4] О. І. Пушкар та Т. Ю. Андрющенко, Ілюстрування: навчальний посібник для студентів напряму підготовки «Видавничо-поліграфічна справа». Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015.
- [5] О. Ч. Чирва, Історія та теорія графічного мистецтва: конспект лекцій для здобувачів вищої освіти. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021.
- [6] О. М. Харченко, «Дизайн оформлення книги: теоретичні та практичні аспекти», Вісник ХДАДМ, № 1, с. 63–66, 2010.
- [7] К. Воглер, Подорож письменника: міфологічна структура для письменників. Київ: ArtHuss, 2023.
- [8] S. McCloud, Understanding Comics: The Invisible Art. New York: HarperCollins, 1993.
- [9] W. Eisner, Comics and Sequential Art. Tamarac: Poorhouse Press, 1985.
- [10] T. Groensteen, The System of Comics. Jackson: University Press of Mississippi, 2007.
- [11] M. Salisbury, Illustrating Children's Books: Creating Pictures for Publication. London: Bloomsbury, 2004.
- [12] A. Male, Illustration: A Theoretical and Contextual Perspective. London: Bloomsbury, 2017.

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ПРУЖИННОЇ ПІДВІСКИ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕДУРНОЇ АНІМАЦІЇ У 2D-ІГРАХ

В. А. ІВАНЧУК(ivancukvaceslav5@gmail.com)

О. В. РОМАНІЮК(romaniukoksnav@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено метод стабілізації корпусу персонажа у двовимірному ігровому просторі за допомогою моделі віртуальної пружинної підвіски. Описано механізм динамічного розрахунку вертикальних сил, що дозволяє поглинати коливання рельєфу та коригувати положення тіла залежно від ширини та положення кроків. Запропонований підхід забезпечує візуальну плавність рухів без використання фізичних колайдерів для кінцівок.

Ключові слова: процедурна анімація, віртуальна підвіска, колайдери, стабілізація руху, ігрова фізика.

Abstract

The paper presents a method for stabilizing a character's body in a two-dimensional game space using a virtual spring suspension model. It describes a mechanism for the dynamic calculation of vertical forces, which allows for absorbing terrain fluctuations and adjusting the body position depending on the width and placement of steps. The proposed approach ensures visual smoothness of movement without the use of physical colliders for the limbs.

Keywords: procedural animation, virtual suspension, colliders, motion stabilization, game physics.

Вступ

У процесі розробки динамічних 2D-ігор важливим аспектом є забезпечення природної адаптації рухів персонажа до нерівномірного рельєфу середовища. Оскільки класичні спрайтові рішення обмежені заздалегідь визначеними кадрами, актуальним напрямом є впровадження алгоритмів процедурної анімації, що здатні в реальному часі коригувати позу та положення ігрового персонажа.

Однак стандартна реалізація процедурної ходьби, де кінцівки персонажа мають власні фізичні колайдери, стикається з проблемою неконтрольованої фізичної взаємодії. При перетині динамічної кінцівки зі статичною геометрією рівня фізичний рушій миттєво застосовує силу виштовхування для усунення перекриття об'єктів [1]. Оскільки цей процес є внутрішньою операцією фізичного рушія, розробник не має прямого контролю над траєкторією та швидкістю такого виштовхування. Це призводить до виникнення візуальних дефектів: різких підльотів персонажа та тремтіння корпусу.

Розробка методу стабілізації процедурної анімації, дозволить відмовитися від використання фізичних колайдерів на кінцівках, замінивши їх моделлю віртуальної пружинної підвіски для контрольованого керування положенням тіла персонажа.

Результати дослідження

Основою запропонованого методу є повна відмова від використання фізичних колайдерів на нижніх кінцівках персонажа. Натомість взаємодія з поверхнею реалізується через систему безперервного аналізу середовища та прикладання компенсуючих сил до корпусу персонажа, що імітує роботу пружинної підвіски.

Замість жорсткої фіксації координат об'єкта, система динамічно обчислює вертикальну силу F , необхідну для протидії гравітації та утримання корпусу на заданій висоті. Розрахунок базується на законі Гука з додаванням компонента демпфування [2]:

$$F = (H_{target} - H_{current}) * k_{stiffness} - (V_y * k_{damping}) \quad (2)$$

де H_{target} – цільова висота стояння, $H_{current}$ – поточна дистанція до поверхні, отримана від сенсорів, V_y – поточна вертикальна швидкість об'єкта, а $k_{stiffness}$ та $k_{damping}$ – коефіцієнти жорсткості та опору відповідно.

Використання коефіцієнту опору є критично важливим, оскільки він дозволяє поглинати кінетичну енергію при приземленні або різкій зміні рельєфу, запобігаючи виникненню нескінченних коливань корпусу.

Для реалістичного відтворення ходьби впроваджено механізм автоматичного зниження центру мас при розведенні ніг. Вертикальне зміщення корпусу H_{offset} обчислюється на основі поточної відстані між стопами D та повної довжини кінцівки L :

$$H_{offset} = \sqrt{L^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} - L \quad (2)$$

Це коригування додається до базової висоти H_{target} , що дозволяє синхронізувати положення тіла з кроками персонажа, імітуючи природну динаміку руху опорно-рухового апарату. Коли ноги розведені максимально широко, корпус природним чином опускається, а в момент переносу ноги – піднімається. Такий підхід дозволяє поєднати візуальну вагу персонажа з роботою алгоритмів інверсної кінематики.

При аналізі рельєфу використовується три точки: центральна та дві за напрямком руху. Це дозволяє ідентифікувати перешкоди ще до фактичного вступу на них персонажа. У разі виявлення суттєвої різниці висот між переднім сенсором та точкою опору ніг, система активує алгоритм плавного підйому або спуску корпусу. Для усунення різких стрибків при перетині країв платформ використовується нелінійна інтерполяція траєкторії [3]:

$$f(t) = t^2 * (3 - 2 * t) \quad (3)$$

де t – параметр проходження персонажем ділянки зміни висоти. Така математична модель дозволяє корпусу починати вертикальний рух заздалегідь, забезпечуючи плавне входження на похилі поверхні та сходи, що повністю нівелює візуальне тремтіння.

Висновки

У ході дослідження було розроблено та реалізовано метод стабілізації процедурної анімації персонажа у двовимірному ігровому просторі на основі моделі віртуальної пружинної підвіски. Запропонований підхід дозволив вирішити проблему неконтрольованого виштовхування колайдерів кінцівок фізичним рушієм, що призводило до виникнення візуальних артефактів та нестабільної поведінки об'єкта при взаємодії зі статичною геометрією. Завдяки впровадженню динамічного застосування сили та геометричної корекції висоти центру мас вдалося досягти візуальної плавності та природної синхронізації положення тіла з динамікою кроків персонажа. Відмова від фізичних колайдерів на кінцівках усунула ризик виникнення помилок розрахунку колізій, забезпечивши стабільну роботу системи при складній геометрії рівня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Video Game Physics Tutorial - Part II: Collision Detection for Solid Objects [Online]. Дата звернення: 4 травня 2026. Доступно: <https://www.toptal.com/developers/game/video-game-physics-part-ii-collision-detection-for-solid-objects>
2. Towards a Simpler, Stiffer, and more Stable Spring [Online]. Дата звернення: 5 травня 2026. Доступно: <https://gamedev.net/tutorials/programming/math-and-physics/towards-a-simpler-stiffer-and-more-stable-spring-r3227/>
3. Easing Functions for Game Animations: Visual Guide [Online]. Дата звернення: 6 травня 2026. Доступно: <https://blog.febucci.com/2018/08/easing-functions/>

ГЕЙМІФІКАЦІЯ UI/UX-ДИЗАЙНУ: ІНТЕРАКТИВНИЙ КОНСТРУКТОР ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАЛУЧЕННЯ КЛІЄНТІВ У ВЕБ ІНТЕРФЕЙСИ ФЛОРИСТИЧНОЇ СТУДІЇ

КОЧИН А. (kochinanastia@gmail.com),

Факультет архітектури, будівництва та дизайну,

Національний університет «Київський авіаційний інститут»

Реферат. У дослідженні розглядається проблема низької емоційної залученості користувачів у стандартних каталогах електронної комерції. Запропоновано інноваційний підхід до проєктування вебзастосунків шляхом імплементації ігрових механік (гейміфікації) у комерційний UI/UX-дизайн. На базі розробленого прототипу для флористичної студії «Dandelion» проаналізовано ефективність використання інтерактивного конструктора букетів як інструменту підвищення конверсії, подовження тривалості сесії та покращення клієнтського досвіду з акцентом на архітектуру Mobile-first.

Постановка проблеми. Традиційний підхід до проєктування вебсайтів у ніші флористики здебільшого спирається на статичні вітрини та лінійні каталоги готових рішень. Такий формат взаємодії є пасивним: він не враховує потребу сучасного споживача у персоналізації та співтворчості. В умовах високої конкуренції в електронній комерції класичні методи утримання уваги втрачають ефективність, що призводить до високого відсотка відмов (bounce rate). Виникає об'єктивна необхідність пошуку нових патернів взаємодії, зокрема перенесення успішних механік з індустрії відеоігор (гейміфікації) у неігрові комерційні цифрові середовища для формування унікального користувацького досвіду (User Experience).

Перелік вирішених завдань. 1. Проаналізовано психологічні аспекти взаємодії користувача з інтерфейсами електронної комерції. 2. Спроектовано логіку та архітектуру (User Flow) віртуального конструктора флористичних композицій. 3. Розроблено інтерактивний UI-прототип вебсторінки студії «Dandelion» у середовищі Figma з урахуванням парадигми Mobile-first. 4. Імплементовано механіки кастомізації як ключовий елемент гейміфікованого залучення.

Виклад суті дослідження. Фундаментальною концепцією розробленого проєкту є трансформація рутинного процесу транзакції на захопливий творчий акт. Замість лінійного вибору товару з каталогу, користувачеві пропонується роль "віртуального флориста". Центральним модулем вебінтерфейсу студії «Dandelion» виступає інтерактивний конструктор, який функціонує за принципом класичних ігрових систем створення персонажів (character creation) або крафтингу.

Архітектура інтерфейсу побудована за принципом поступового розкриття інформації. На першому етапі користувач обирає базу (формат пакування, кошик, крафтовий папір), після чого отримує доступ до палітри складових елементів. Використання інтуїтивної механіки drag-and-drop дозволяє додавати конкретні квіти, змінювати їхню кількість, компоувати кольорову гаму та додавати декор.

Оскільки більшість спонтанних емоційних покупок у флористичній сфері здійснюється зі смартфонів, проєктування здійснювалося на основі підходу Mobile-first. Це зумовило специфічні UI-рішення: збільшені зони взаємодії (touch targets), мінімізацію текстового навантаження на користь високоякісних візуальних асетів та використання мікроанімацій. Кожна дія користувача у конструкторі супроводжується миттєвим візуальним відгуком та динамічним перерахунком загальної вартості композиції.

З точки зору поведінкової економіки, така ігрова механіка активує "ендаумент-ефект" (ефект володіння) – психологічний феномен, за якого людина значно вище оцінює об'єкт, у створення якого вона інвестувала власний час та творчі зусилля. Віртуальна збірка букета знижує когнітивне навантаження при прийнятті рішення про покупку, оскільки фокус уваги зміщується з оцінки вартості на процес творчості та досягнення естетичного результату.

Висновки. Впровадження ігрових механік в UI/UX-дизайн є потужним інструментом модернізації комерційних вебплатформ. Досвід проєктування інтерактивної сторінки для флористичної студії «Dandelion» підтверджує, що наявність візуального конструктора вирішує ключові бізнес-завдання: суттєво збільшує тривалість користувацької сесії, знижує бар'єр

прийняття рішень та формує глибший емоційний зв'язок з брендом. Гейміфікація вебінтерфейсу дозволяє перетворити споживача з пасивного спостерігача на активного учасника процесу, що в підсумку є визначальним фактором для підвищення комерційної конверсії у сучасному цифровому середовищі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, "From game design elements to gamefulness: defining gamification," in Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, Tampere, Finland, 2011, pp. 9–15.
2. Marcus and W. Wang, HCI and User-Experience Design, London: Springer, 2015.
3. J. Y. C. Chen and J. Fragomeni, "Virtual, Augmented and Mixed Reality: Applications in Health, Cultural Heritage, and Industry," in International Conference on Human-Computer Interaction, Springer, Cham, 2018, pp. 320-334.
4. M. Treder and L. Gremillion, UX Pin: Mobile First & Responsive Web Design, UXPin Inc., 2020.

УДК 004.925

ЕВОЛЮЦІЯ МЕТОДІВ ПОДОЛАННЯ ЕФЕКТУ «ЗЛОВІСНОЇ ДОЛИНИ» В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ЧЕРЕЗ СИМУЛЯЦІЮ МІКРОВИРАЗІВ ОБЛИЧЧЯ

КРАВЧЕНКО А. С. (annakrravchenko008@gmail.com),

ТКАЧЕНКО О. М. (alextk1960@gmail.com),

Вінницький національний технічний університет

Робота присвячена аналізу технічних та когнітивних бар'єрів, що виникають під час рендерингу фотореалістичних гуманоїдних персонажів. Основну увагу зосереджено на імплементації фізіологічно достовірних мікрорухів обличчя як ключового інструменту подолання ефекту «зловісної долини». Оцінено сучасні підходи до симуляції підповерхневого розсіювання, мікромоторики очей, гемодинаміки та лицьової моторики в умовах жорстких обмежень продуктивності. Доведено, що досягнення стабільної емпатичної взаємодії вимагає структурного переходу від статичної геометрії до імітації біологічних процесів за допомогою систем реального часу.

Експоненційне зростання обчислювальних потужностей сучасних графічних рушіїв дозволило індустрії інтерактивних розваг впритул наблизитися до створення візуально бездоганних цифрових копій людини. Утім, надмірна деталізація топології та текстур високої роздільної здатності каталізує потужний когнітивний дисонанс, відомий у 3D-графіці та робототехніці як ефект «зловісної долини» (Uncanny Valley). Специфіка людського сприйняття, сформована еволюційними механізмами, полягає в гіперчутливості до найменших аномалій у поведінці собі подібних. За відсутності природної динаміки фотореалістичний аватар ідентифікується підсвідомістю не як жива істота, а як хворий або мертвий об'єкт, що викликає тривогу та відторгнення. Цей психологічний феномен змушує переглянути класичну парадигму розробки, зміщуючи фокус із суто кількісних метрик (таких як полігональний бюджет) на якісні характеристики біологічної достовірності [1, 99 с.].

Критичною проблемою традиційного пайплайну рендерингу залишається ігнорування мікрОВИРАЗІВ — короткочасних рефлексорних м'язових спазмів, які тривають долі секунди та не контролюються свідомістю персонажа (чи актора motion capture). Саме ці ледь помітні рухи, поряд із дихальними циклами та сакадами очей, забезпечують візуальну "живучість" цифрової моделі. Обчислення подібної мікродинаміки в реальному часі без критичного падіння частоти кадрів (FPS) вимагає оптимізації цілого комплексу алгоритмів.

Вирішення зазначеної проблеми спирається на інтеграцію кількох технологічних напрямів. Першочерговим є впровадження системи кодування лицьових рухів (FACS) замість застарілих

лінійних інтерполяційних методів (blendshapes). Математичний опис взаємодії м'язових волокон дає змогу генерувати складні каскадні деформації. У живій природі скорочення одного м'яза завжди тягне за собою зміщення сусідніх тканин, утворюючи органічну мімічну асиметрію. Відтворення цього процесу через процедурний ригінг є критично необхідним кроком для досягнення ілюзії життя.

Окремого наукового та технічного інтересу вимагає проблема моделювання зорового контакту. Очі є найважливішим маркером емоційного стану, тому помилки в їхньому рендерингу миттєво штовхають персонажа у «зловісну долину». Сучасні підходи вимагають прорахунку заломлення світла в рогівці, динамічного звуження зіниць залежно від освітлення, а також симуляції слізного меніска — мікроскопічної смужки рідини між очним яблуком та повікою. Саме ця волога відбиває навколишнє середовище і створює той самий «блиск утилітарного життя», без якого погляд здається скляним.

Не менш важливим є фізично коректне математичне моделювання підповерхневого розсіювання світла (Subsurface Scattering). Візуальна жорсткість цифрової шкіри виникає переважно через помилковий розрахунок альbedo. Інтеграція шейдерів, здатних прораховувати глибину проникнення фотонів у напівпрозорі шари епідермісу з подальшим їх розсіюванням, усуває неприродний ефект пластику [2, 1 с.]. Оптичні властивості шкіри мають змінюватися динамічно залежно від кута падіння променів та товщини тканин (наприклад, ефект підсвічування хрящів вуха при контровому світлі).

Завершальним етапом комплексної симуляції є синхронізація артикуляції з гемодинамікою та картами напруженості (tension/wrinkle maps). Емоційні сплески завжди супроводжуються зміною кровонаповнення капілярів. Процедурне накладання масок оксигенації тканин (локальні почервоніння чи збліднення) разом із динамічною генерацією рельєфу шкіри в зонах її компресії дозволяє відтворити реалістичну біологічну реакцію. Такі маски активуються виключно в момент максимального скорочення віртуального м'яза, формуючи коректні зморшки на лобі чи навколо очей, і плавно зникають під час його розслаблення.

Очевидно, що майбутнє цього напряму лежить у площині інтеграції нейромережових рішень у конвеєр реального часу. Алгоритми машинного навчання вже сьогодні здатні брати на себе предикативну генерацію мікрорухів на базі загального емоційного вектора моделі. Нейронні мережі навчаються на масивах даних із живими акторами і здатні самостійно інтерполювати проміжні фізіологічні реакції, що суттєво розвантажує центральний процесор і мінімізує потребу в ручному поліруванні ключових кадрів анімації. Додатково досліджується використання нейронного рендерингу для оптимізації розрахунків освітлення шкіри.

Підсумовуючи, можна стверджувати: нівелювання психологічного бар'єра «зловісної долини» вимагає остаточної відмови від спрощених геометричних абстракцій на користь біомеханічних систем. Формування стійкого емпатичного зв'язку між користувачем та цифровим аватаром можливе лише за умови глибокого синтезу знань з анатомії, оптичної фізики та когнітивістики. Лише комплексний підхід, що поєднує мікромоторику, складне обчислення світла та фізіологічні реакції, здатен перетворити тривимірну модель із лякаючого симулякра на повноцінного суб'єкта цифрової комунікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. Mori, K. F. MacDorman, and N. Kageki, "The Uncanny Valley [From the Field]," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 19, no. 2, pp. 98-100, 2012.
2. M. Seymour et al., "The Meet Mike project: Avatars in a new paradigm of interactive presence," in *ACM SIGGRAPH 2017 Emerging Technologies*, 2017, pp. 1-2.
3. P. Ekman and E. L. Rosenberg, *What the Face Reveals: Basic and Applied Studies of Spontaneous Expression Using the Facial Action Coding System (FACS)*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

**ВІЗУАЛІЗАЦІЯ БІОПОТЕНЦІАЛІВ МЕМБРАНИ КЛІТИНИ:
НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ТЕЗИ (ДИЗАЙН-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД)**

КРИВЧЕНКО А.А. (Nastya.otk.2014@gmail.com), КРИВЧЕНКО Ю.В. (taediumvit@gmail.com)

Відокремлений структурний підрозділ «Одеський технічний фаховий коледж
Одеського національного технологічного університету»

У тезах викладено науково-технічний підхід до розробки веб-орієнтованого модуля для високоточної візуалізації та симуляції біопотенціалів мембрани клітини. Поєднано фізично обґрунтовану математичну модель (еквівалентна електрична схема мембрани, експоненціальний відгук на прямокутний стимул) з методами сучасного графічного рендерингу (HTML5 Canvas, SVG) та UX-інженерії для забезпечення наукової коректності відображення і дидактичної наочності. Окремо розглянуто алгоритми цифрової фільтрації, оптимізації рендерингу великих масивів даних та вимоги до векторного експорту ілюстрацій для публікацій.

Розвиток цифрової електрофізіології вимагає інструментів, що поєднують фізичну коректність моделювання та високоякісну графічну репрезентацію. Візуалізація часових рядів біопотенціалів повинна зберігати тонкі амплітудно-часові характеристики (піки, пост-перехідні криві, τ -константи) при одночасній підтримці інтерактивності й читабельності для користувача. Це обґрунтовує перехід до веб-платформ як засобу доступності, колаборації та інтерактивного навчання. Мета дослідження: Розробити науково обґрунтований, кросплатформений веб-модуль, що забезпечує: коректну фізичну репрезентацію реакції мембрани на електричний стимул; інтерактивну 2D-анімацію іонних каналів для дидактичних демонстрацій; високопродуктивний рендеринг великих масивів даних з можливістю векторного експорту для наукових публікацій.

Методологія та технічні підходи: Математичне ядро: аналітична модель експоненціального згасання; параметрична генерація шуму (Box–Muller) для моделювання теплового та електронного шуму підсилювача; оцінка RMS-шуму та SNR. Обробка даних: потоковий парсинг ABF-файлів, downsampling з антиаліасингом для огляду, збереження повного набору точок для детального аналізу. Фільтрація: реалізація фільтрів з $O(1)$ оновленням для рекурсивних алгоритмів; можливість апостеріорної компенсації фазових зсувів. Рендеринг та оптимізації: Path2D, offscreen canvas, батчинг ліній, requestAnimationFrame; розділення на статичні/динамічні шари для мінімізації перерисовок; використання alpha-blending для multi-trace display. UI/UX: застосування принципів доступності (контрастність, масштабовані шрифти), інтуїтивні контролери для параметрів фільтрації та моделі, інтерактивні підказки з фізичними одиницями.

Результати (очікувані та попередні): Продуктивність: демонстраційна реалізація забезпечує рендеринг сотень тисяч точок з інтерфейсною латентністю, сумісною з інтерактивною роботою (ціль — 60 FPS у типових сценаріях). Точність: збереження ключових фізичних параметрів (I_{peak} , I_{ss} , τ) при застосуванні рекомендованих фільтрів; оцінка похибок у відсотках від номінальних значень для різних режимів дискретизації. Дидактична ефективність: інтерактивні анімації іонних каналів підвищують розуміння механізмів генерації біопотенціалів у студентів та молодих дослідників, що підтверджено попередніми юзабіліті-тестами.

Нижче наведено інтерфейс розробленого веб-симулятора у робочому стані — активна фаза реєстрації біопотенціалів мембрани клітини. На панелі ліворуч розміщені параметри експерименту (стимул, I_{peak} , R_a , C_m , R_m , рівень шуму, фільтрація), у центральній частині відображається часовий ряд струму та стимулу з вимірювальними індикаторами (τ , піковий струм, струм утриму), а внизу — синхронізована 2D-анімація іонних каналів; передбачено експорт графіків у PNG та SVG для подальшого аналізу й публікацій.

Інтеграція фізично обґрунтованої моделі мембрани з художньо-інженерними рішеннями інтерфейсу, що дозволяє одночасно досягати наукової точності та високої візуальної наочності. Розробка оптимізованих рендер-патернів для одночасного відображення великої кількості треків без втрати читабельності та фізичної інформативності.

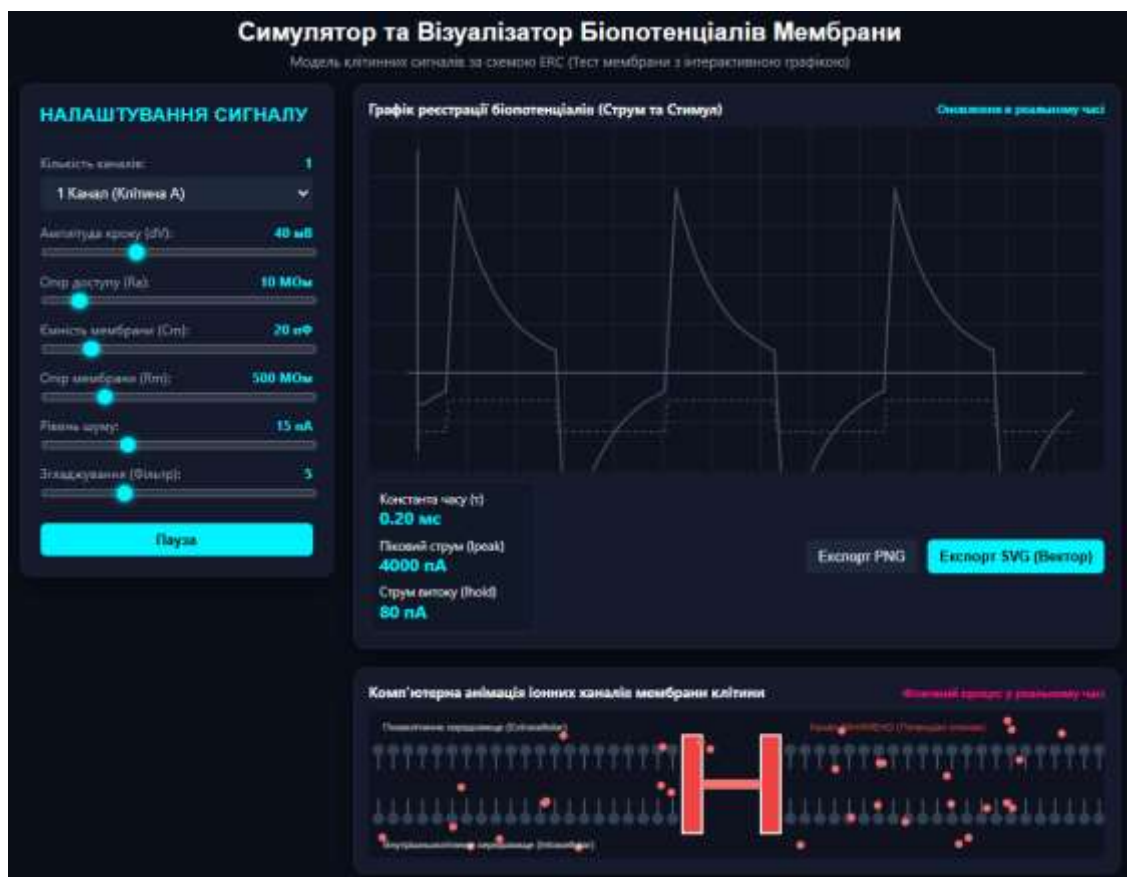


Рис. 1 – Інтерфейс розробленого симулятора у робочому стані (активна фаза реєстрації біопотенціалів)

Висновки: Розроблено інтерактивний веб-симулятор біопотенціалів клітинної мембрани на основі еквівалентної електричної схеми (параметри R_a, C_m, R_m); у модель інтегровано генерацію шумів методом Бокса–Мюллера для підвищення реалістичності записів. Програмна реалізація виконана на HTML5/CSS3/JavaScript з використанням Canvas для рендерингу та можливістю експорту в SVG; інтерфейс у Dark Mode містить синхронізовану 2D-анімацію іонних каналів, інструменти вимірювань та експорт у PNG/SVG. Верифікація показала збіг розрахункових і візуалізованих значень пікових струмів і констант часу при збереженні інтерактивності (~60 FPS). Рекомендовано провести пілотну валідацію на реальних ABF-записах (3 місяці), інтегрувати WebGL для апаратного прискорення при дуже великих масивах даних та розробити модуль автоматичного виявлення артефактів на основі машинного навчання перед клінічним або комерційним розгортанням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бичко О. В. Методи цифрової обробки біомедичних сигналів: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 120 с.
2. Антонова О. С. Використання технологій HTML5 та Canvas для візуалізації динамічних процесів. Сучасні інформаційні технології та системи. 2021. № 4. С. 12–18.
3. Проектування інтерфейсів медичних інформаційних систем: метод. вказівки / уклад. І. В. Коваленко. Харків: ХНУРЕ, 2020. 64 с.
4. Юрченко О. М. Математичне моделювання електричної активності клітинних мембран. Український журнал медичної техніки та технологій. 2017. № 2. С. 34–40.

АНІМАЦІЯ З SPINE ТА PIXIJS ДЛЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ІГОР

ЛЕГЕЗА І. С. (ivan.leheza.pz.2022@lpnu.ua)

ЦИМБАЛЮК Т. М. (tetiana.m.tsymbaliuk@lpnu.ua)

Національний університет «Львівська політехніка»

У тезах розглянуто застосування Spine у поєднанні з PixiJS для створення та програмного керування 2D-анімаціями у веб-іграх. Описано переваги bone-based підходу порівняно з покадровою анімацією, використання slots для динамічного зв'язування текстур і текстових елементів, а також оптимізацію експорту ігрових ресурсів через texture atlas.

Розробка сучасних браузерних ігор потребує інструментів, які поєднують продуктивний рендеринг, зручну роботу з анімаціями та можливість керування ігровими об'єктами безпосередньо з коду [1]. У веб-середовищі для цього можуть застосовуватися різні підходи: CSS-анімації, покадрова анімація на основі набору зображень, Canvas/WebGL-рендеринг та скелетна анімація. CSS-анімації є зручними для простих інтерфейсних елементів, однак мають обмежене застосування у складних ігрових сценах. Покадровий підхід забезпечує високий контроль над кожним кадром руху, але потребує створення великої кількості графічних ресурсів і ускладнює редагування анімацій. Для інтерактивних 2D-веб-ігор доцільним є використання PixiJS як графічного рушія та Spine як інструмента скелетної анімації, оскільки така комбінація дозволяє поєднати продуктивний рендеринг із гнучким керуванням персонажами, картами та іншими об'єктами ігрової сцени.

PixiJS забезпечує відображення графіки через WebGL або Canvas API та надає засоби для роботи зі спрайтами, контейнерами, текстурами й інтерактивними об'єктами [2]. У контексті веб-ігор це дозволяє організувати ігрову сцену як набір керованих об'єктів, стан яких може змінюватися відповідно до логіки гри. Spine, у свою чергу, дає змогу створювати складні 2D-анімації на основі кісток, слотів і вкладень. Інтеграція через spine-pixi дозволяє завантажувати Spine-об'єкти у PixiJS-сцену, запускати потрібні анімації, змінювати їх стан у runtime та синхронізувати візуальну частину з програмною логікою гри [3].

Однією з ключових переваг Spine є використання bone-based анімації. На відміну від frame-by-frame підходу, де для кожної фази руху необхідно створювати окреме зображення, скелетна анімація передбачає попередній поділ вихідного асета на окремі частини та прив'язування їх до кісток [4]. Надалі ці кістки можна змінювати за допомогою базових трансформацій: переміщення, обертання та масштабування. Завдяки цьому анімація створюється не через заміну великої кількості кадрів, а через керування положенням частин одного й того самого графічного ресурсу. Це зменшує кількість потрібних матеріалів, спрощує редагування рухів і дозволяє повторно використовувати один набір текстур для різних анімаційних станів.



Рис.1 – Приклад bone-based анімації персонажа гри

У межах розроблюваної гри такий підхід дозволив без зміни вихідного зображення персонажа створити декілька анімаційних станів, зокрема *idle*, *attack*, *boost* та *defend*, використовуючи лише налаштування кісток і їхніх трансформацій. Це особливо корисно для ігор з багатьма повторюваними діями персонажів, наприклад атаками, отриманням шкоди, очікуванням або перемогою. Порівняно з покадровою анімацією, *bone-based* підхід краще підходить для персонажів, які мають декілька схожих станів руху, оскільки не потребує створення повного набору кадрів для кожної дії. Водночас *frame-by-frame* анімація може залишатися доцільною для коротких унікальних ефектів, де важлива повна художня деталізація кожного кадру.

Ще однією практично важливою можливістю *Spine* є використання *slots* та *attachments* [3]. *Slots* виступають як точки прив'язки для графічних або текстових елементів, а *attachments* визначають конкретний вміст, який може бути підставлений у відповідний слот. Завдяки цьому базова структура об'єкта залишається незмінною, а окремі елементи можуть замінюватися або оновлюватися під час виконання програми. Крім того, *slots* частково вирішують проблему позиціонування динамічних елементів, оскільки їх розміщення задається не безпосередньо в коді, а на рівні анімаційної структури. Це дозволяє зменшити кількість ручних координат, умовних зміщень і допоміжної логіки у кодовій базі, залишаючи програмі лише підстановку потрібного вмісту в уже підготовлені точки прив'язки. У традиційному підході для кожної візуальної варіації об'єкта часто створюються окремі графічні файли або окремі стани інтерфейсу. Використання *slots* та *attachments* дозволяє уникнути дублювання таких ресурсів і залишити спільну композицію об'єкта сталою.

У картковій грі цей підхід може застосовуватися для реалізації карт, які мають однакову структуру, але різні значення назви, вартості, типу, опису та ефекту. Наприклад, основна структура ігрової карти може бути створена як *Spine*-об'єкт, а назва, числові параметри або піктограма ефекту підставляються з коду залежно від даних конкретної карти. Це дозволяє не створювати окремий графічний файл для кожної комбінації параметрів, а використовувати одну базову структуру з динамічним наповненням. Такий підхід спрощує підтримку інтерфейсу та зменшує кількість ресурсів, необхідних для відображення великої кількості ігрових карт.



Рис.2 – Приклад використання слоту у проєкті картки гри

Оптимізація експорту ресурсів через *texture atlas* є важливою для веб-ігор, оскільки швидкість завантаження напряму впливає на зручність користування. Атлас об'єднує декілька зображень в один файл і супровідний опис їх розміщення, що зменшує кількість запитів до ресурсів та спрощує завантаження анімацій у *runtime* [5]. Без використання атласу кожен елемент анімації або інтерфейсу може завантажуватися як окремий файл, що збільшує кількість запитів до сервера і ускладнює керування залежностями між ресурсами. *Texture atlas* дозволяє згрупувати пов'язані елементи в один набір, після чого *runtime* отримує інформацію про координати кожного елемента всередині атласу.

Під час експорту також можна індивідуально обирати параметри оптимізації атласу для кожного набору ресурсів, зокрема формат зображення, якість стиснення, розмір атласу, відступи між елементами та спосіб пакування текстур. Це дозволяє адаптувати експорт під конкретний тип об'єкта: персонажа, карту, ефект або елемент інтерфейсу. У межах підготовки ігрових об'єктів

застосування атласу дало змогу зменшити розмір набору ресурсів з 31 КБ до 21 КБ, тобто приблизно на третину. Для невеликих ресурсів така різниця може здаватися незначною, однак у повному проєкті з великою кількістю персонажів, карт і ефектів подібна оптимізація стає суттєвою.

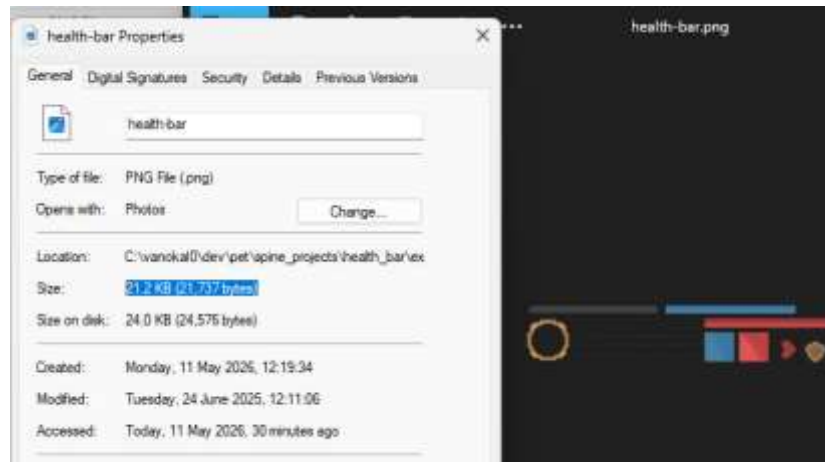


Рис.3 – Приклад експорту проєкту health bar гри з texture atlas

Водночас використання Spine та PIXIJS має певні обмеження. Для підготовки якісної скелетної анімації необхідно попередньо розділити асет на окремі частини, налаштувати кістки, слоти та прив'язки, що потребує додаткового етапу підготовки ресурсів. Крім того, надмірна кількість анімованих об'єктів або нераціонально сформовані атласи можуть негативно впливати на продуктивність браузерної гри. Тому ефективність цього підходу залежить не лише від вибору технологій, а й від якості організації графічних ресурсів, структури анімацій та логіки їх завантаження.

Отже, поєднання PIXIJS та Spine є доцільним підходом до створення анімаційної частини веб-гри. PIXIJS забезпечує продуктивне відображення сцени та роботу з графічними об'єктами, тоді як Spine спрощує створення складних 2D-анімацій, дозволяє повторно використовувати текстури, керувати вкладеннями через slots та оптимізувати ресурси за допомогою texture atlas. Порівняно з покадровою анімацією, такий підхід краще підходить для карткових і стратегічних веб-ігор, де важливо поєднати візуальну виразність, керованість з коду та помірні вимоги до обсягу ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. K. Gunawan and R. Bahana, "AethelmE, HTML5 Game Engine with Multiple Canvas Elements," *Journal of Games, Game Art and Gamification*, vol. 1, no. 2, pp. 57–68, 2016, doi: 10.21512/jggag.v1i2.7252.
2. F. Macklon, M. Viggiano, N. Romanova, C. Buzon, D. Paas, and C.-P. Bezemer, "A Taxonomy of Testable HTML5 Canvas Issues," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 49, no. 6, pp. 3647–3659, 2023, doi: 10.1109/TSE.2023.3270740.
3. spine-pixi Runtime Documentation. Esoteric Software : website. URL: <https://esotericsoftware.com/spine-pixi> (Last accessed: 11.05.2026)
4. R. Li, "Building 2D skeletal animation for body control in Unity with machine learning," in *Fourth International Conference on Intelligent Computing and Human-Computer Interaction (ICHCI 2023)*, vol. 13256, 2024, Art. no. 1325610, doi: 10.1117/12.3037823.
5. Texture packing. Spine User Guide. Esoteric Software : website. URL: <https://esotericsoftware.com/spine-texture-packer> (Last accessed: 11.05.2026).

РОЗРОБКА АНІМАЦІЇ ТАКТИЧНОГО ШУТЕРА НА ОСНОВІ UNREAL ENGINE 5

ЛУКАШУК Г.О. (lukashuk.hanna@pdaba.edu.ua)

МАСЛЮКОВ І.С. (23898.masliukov@365.pdaba.edu.ua)

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

Розглянуто основні інструменти для створення систем менеджменту анімацій в ігровому проекті з використанням Unreal Engine 5. Розроблено архітектуру анімаційної системи Locomotion для тактичного шутера від третьої особи, яка включає анімації зупинки, старту, та руху для 3 станів персонажа.

Постановка проблеми. Сьогодні індустрія комп'ютерних ігор стрімко розвивається з кожним роком, де використовуються найновітніші ідеї та технології. Постійно зростає кількість прихильників комп'ютерних ігор та підвищується попит на них, а це спонукає розробників створювати більш реалістичні відчуття для занурення у ігровий простір. При розробці комп'ютерної гри велике значення мають анімації та звукові ефекти. Останнім часом ігровий рушій Unreal Engine є одним з найпотужніших та найпопулярніших інструментів для створення ігор. Він надає розробникам широкий спектр можливостей, починаючи від створення тривимірних моделей та закінчуючи реалізацією складної ігрової логіки та штучного інтелекту.

Метою дослідження є огляд сучасних інструментів рушія Unreal Engine для створення анімаційних систем в комп'ютерних іграх та розробка архітектури анімаційної системи Locomotion для тактичного шутера від третьої особи, яка включає анімації зупинки, старту, та руху для 3 станів персонажа.

Суть дослідження. Сучасний gamedev дуже відрізняється від того, що був 10-20 років тому. Його розвиток є прямою відповіддю на розвиток технологій та потужностей обчислювальної техніки.

Зараз підходи до анімацій дуже змінилися, бо з'явилися нові системи. Всі необхідні інструменти для програмування ігрових анімацій високого рівня є в рушії Unreal Engine від Epic Games, які надають повний контроль при мінімальних зусиллях.

Починаючи з 4 версії Unreal Engine маємо дуже зручну систему змішування анімацій згідно з правилами – *Blend space* [1], що представляє собою сітку, на якій точками розташовуються анімації. Існують 1D та 2D Blend spaces – головна відмінність цих систем, кількість параметрів: один і два відповідно. Параметри задають межі сітки, зазвичай такими параметрами є *Direction* (в якому напрямку зараз рухається персонаж) та *Speed* (швидкість персонажа).

Фундаментом будь-якого анімаційного менеджменту є система *State machine* [2]. Вона дозволяє створювати «стани», в яких буде перебувати ігровий персонаж і згідно з цими станами у будь-який момент гри система буде коригувати його поточну анімацію, згідно із заданими правилами між цими самими станами.

Ще одним інструментом, без якого не обійдеться жоден шутер – система *Aim Offset* [3], що базується на принципі адитивності. Замість повного перезапису пози скелета, вона обчислює різницю (дельту) між базовим станом спокою та цільовим напрямком погляду. Це дозволяє динамічно накладати шар повороту голови або зброї на будь-яку іншу анімацію персонажа, зберігаючи природність руху.

Потужним інструментом та майбутнім ігрових анімацій є система *Motion matching* [4]. Порівнюючи класичну систему (State Machine), яка представляє сценарій, де чітко вказано: «Після А йде Б», то Motion Matching – це Google Search для анімацій.

В основі *Motion matching* лежить не перемикання між кліпами, а величезна База Даних (Pose Database), яка містить тисячі дрібних шматочків записів Motion Capture (захоплення рухів). Реалізація полягає в тому, що кожен кадр система дивиться на інпут (команди переміщення) гравця і «передбачає», де персонаж має бути через 0.5 секунди. Алгоритм миттєво сканує базу даних, шукаючи такий шматочок анімації, який найкраще підходить під дві умови:

1. поточна поза персонажа (щоб не було різкого стрибка кісток скелету);
2. майбутня траєкторія (переміщення в просторі), далі система самостійно обирає правильну позу.

Розглянуто основні анімаційні інструменти ігрового рушія Unreal Engine, у проєкті використовуються усі, крім *Motion matching*.

Розроблено проєкт тактичного шутера від третьої особи з елементами стелсу (*Tactical Third-Person Shooter with Stealth Elements*) з архітектурою анімаційної системи Locomotion, яка включає анімації зупинки, старту, та руху для 3 станів персонажа: Stealth, Walk та Run (рисунк 1).

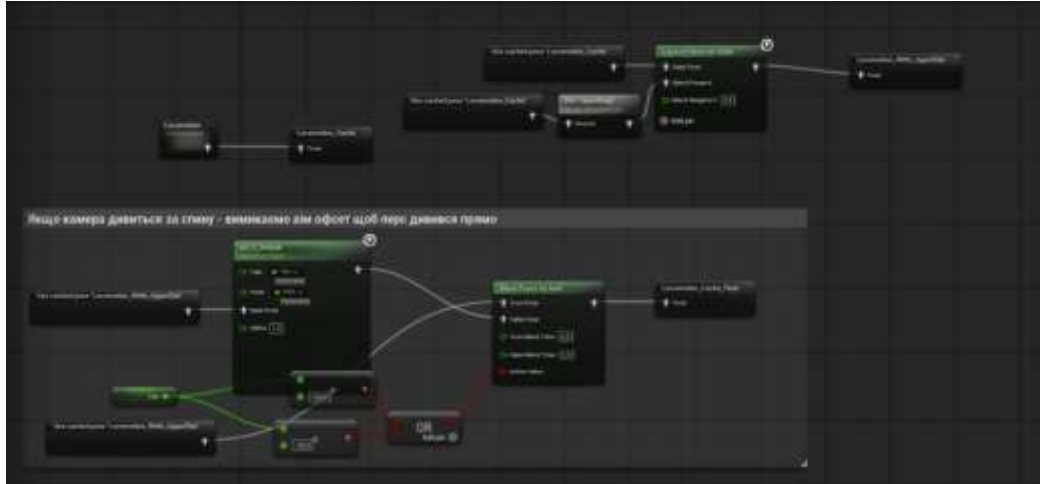


Рис. 1 – Архітектура анімаційної системи Locomotion на блупринтах

Анімаційна система Locomotion включає:

- по 4 анімації для Stop і Start для кожного з 3 станів персонажа та дорівнює - 24;
- по 9 анімацій для Move в кожному з 3 станів персонажа та дорівнює -27;
- 6 додаткових анімацій для повороту на місці в кожному з 3 станів персонажа.

Відповідно анімаційна система Locomotion управляє 57-ма анімаціями, якщо не брати до уваги випадки, коли персонаж піднімає дроп, виймає і ховає зброю, а також сюди не входять однокадрові анімації для Aim offset для кожного класу зброї (штурмова гвинтівка, пістолет та дробовик).

В проєкті тактичного шутера від третьої особи з елементами стелсу, для кожного класу зброї створена власна машина станів. Розберемо роботу системи, яка використовує мінімум 3 інструменти з описаних вище. Розглянемо State machine першою, т.я. вона є основою на якій побудована уся архітектура анімаційної системи Locomotion (рисунк 2).

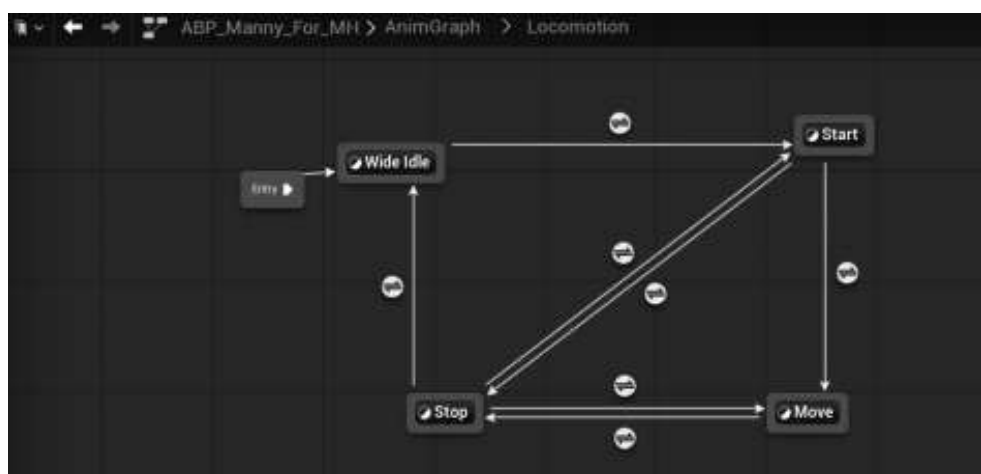


Рис. 2 – Розташування станів у State machine та переходів між ними

Архітектура анімаційної системи Locomotion — відповідає за контроль анімацій персонажа, коли в нього у руках немає зброї. Бачимо 4 стани Locomotion: Idle (стан спокою), Start, Stop, Move, стрілки між цими станами — це можливості переходу, а кружечки біля них — умови, які мають спрацювати для переходу. Вони задаються змінними, які обчислюються під час гри, кожен з 4 станів має власну анімаційну логіку. До кожного стану можна додавати прості анімації, систему змішування Blend spaces та система Aim Offset, що базується на принципі адитивності.

Наприклад, у стані Move, для кожного стану (Stealth, Walk та Run) є власна система змішування Blend space, яка залежить від Speed та Direction.

Змінні Speed та Direction подаються у типі дробового числа з комою.

Direction зазвичай задається від -180 до 180, де :

- 0 персонаж рухається прямо;
- -90 вліво, 90 — вправо;
- 180 та -180 — це напрямки коли персонаж рухається назад.

Speed – задається від 0, де персонаж стоїть на місці та перебуває у стані спокою до максимального значення для анімацій системи змішування Blend space швидкості (залежно від стану для якого він призначений).

Після обрахування поточної пози персонажа State machine результат кешується, щоб можна було отримати доступ до поточної пози одразу з будь-якого місця, після цього кеш модифікується. У анімаційній системі Locomotion для більшого реалізму, до кешу під'єднана система Aim offset що базується на принципі адитивності. Завдяки чому, персонаж повертає голову в сторону куди дивиться камера.

Архітектура анімаційної системи Locomotion для тактичного шутера від третьої особи, що управляє 57- ма анімаціями, аналізує напрямок руху Direction персонажа, його швидкість та стан пересування, і відповідно до всіх цих станів обирає одну або змішує декілька анімацій.

Архітектура анімаційної системи Locomotion для тактичного шутера має великі масштаби, бо для великої кількості анімацій потрібно прописати правила, при яких вони мають починатися, зупинятися та змінюватися іншими анімаціями. Описані вище інструменти ігрового рушія Unreal Engine дозволяють полегшити та спростити громіздкі налаштування та інтеграцію анімаційної системи.

В роботі розглянуто сучасні інструменти рушія Unreal Engine для створення анімаційних систем в комп'ютерних іграх. Розроблено архітектуру анімаційної системи Locomotion для тактичного шутера від третьої особи, що передбачає створення систем менеджменту анімацій в ігровому проєкті за допомогою інструментів рушія Unreal Engine. Архітектура анімаційної системи Locomotion поєднує багато анімацій пересування в одну машину, яка програє потрібну анімацію в залежності від напрямку, швидкості та стану ігрового персонажа і команд гравця.

При тестуванні анімаційної системи Locomotion, спостерігаються доволі реалістичні рухи персонажа залежно від різних факторів. Також виявлено декілька багів, які усуваються деталізацією правил переходів State machine, а також внутрішньої логіки задання змінних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Blend spaces. Epicgames.com. URL: https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/blend-spaces?application_version=4.27 (Дата звернення 10.05.2026)
2. State machines. Epicgames.com. URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/state-machines-in-unreal-engine> (Дата звернення 10.05.2026)
3. Aim offset. Epicgames.com. URL: https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/aim-offset?application_version=4.27 (дата звернення 10.05.2026)
4. Santiago Moreno Diaz. (2019) Motion matching. Motion Matching in Unreal Engine (Sheffield Hallam University) URL: https://www.researchgate.net/publication/337228005_Motion_Matching_in_Unreal_Engine (Дата звернення 10.05.2026)

ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДИЗАЙН РІВНІВ 2D-ГРИ ЗА МОТИВАМИ «БОЖЕСТВЕННОЇ КОМЕДІЇ» ДАНТЕ АЛІГ'ЕРІ

МЕШКО В.В. (meshko.volodymyr@student.uzhnu.edu.ua)

СЕНИК І.В. (senyk.ivan@student.uzhnu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»

Тези описують процес проєктування та створення візуального стилю комп'ютерної гри у жанрах 2D-платформер та roguelike. Увага зосереджена на інтеграції класичного мистецтва в естетику гри, зокрема гравюр Гюстава Доре та творчості Ієроніма Босха, а також на дослідженні архітектури епохи Ренесансу через дизайн ігрових рівнів.

Вступ. Жанр roguelike вимагає від розробників не лише механічної переграваності, а й постійного візуального інтересу, оскільки гравець багаторазово проходить схожі етапи. Натхненням для концепції проєкту стала «Божественна комедія» Данте Аліг'єрі. Художній стиль гри спирається на класичні ілюстрації Гюстава Доре та сюрреалістичні візії Ієроніма Босха, що дозволяє сформувати унікальну атмосферу.

Мета дослідження — розробка візуального дизайну, арт-складової та архітектури рівнів 2D-гри з елементами roguelike, з акцентом на передачу гнітючої та водночас величної атмосфери літературного першоджерела.

Основна частина. Центральним елементом проєктування є дослідження літературних сюжетів та архітектурної спадщини епохи Ренесансу. Процедурна система генерації використовується як інструмент для створення унікальних рівнів зі своїм дизайном під час кожної нової ігрової сесії.

Топологія та арт-дизайн рівнів поділяються на кілька контрастних зон, що відображають емоційний стан подорожі. Наприклад «кімнати Чистилища» — спеціальні арени випробувань із деталізованою, похмурою стилістикою, що передає відчуття тягаря та перешкод. Після успішного проходження гравець отримує цінні нагороди і може потрапити до «Райських кімнат» — мирних зон відпочинку. Їхній світлий, гармонійний візуальний дизайн контрастує із загальним тоном гри. Тут дружні неігрові персонажі (NPC) забезпечують героя допоміжними предметами.

Важливу роль у візуальному наративі та дизайні персонажів відіграє образ Вергілія. Він уособлює в собі провідника в мінливому світі гри. За своїми функціями та атмосферою Вергілій нагадує Хранительку Вогню із серії Dark Souls: він являє собою наставника, до якого гравець повертається після поразки для підвищення рівня та отримання глобальних покращень. Це створює міцний зв'язок між візуальним образом персонажа та системою прогресу.

Висновки. Розробка 2D-гри з елементами roguelike за мотивами твору Данте Аліг'єрі демонструє поєднання платформних механік зі структурною генерацією рівнів, бойовою системою та системою збереження прогресу, що дозволяє створити продукт із високим рівнем реіграбельності. Синергія візуального стилю Доре і Босха з архітектурними елементами Ренесансу перетворює гру з простого платформера на інтерактивне мистецьке дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Fischer S. Hieronymus Bosch. The Complete Works / S. Fischer. – Köln : Taschen, 2016. – 520 p.
2. Doré G. The Fantastic Gustave Doré / G. Doré. – New York : Dover Publications, 2006. – 144 p.
3. Fire Keeper. Dark Souls 3 Wiki. URL: <https://darksouls3.wiki.fextralife.com/Fire+Keeper>.
4. Аліг'єрі Данте. Божественна комедія / Данте Аліг'єрі ; пер. з італ. Є. Дроб'язка. – Харків : Фоліо, 2013. – 607 с.

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ КВАНТУВАННЯ ПРИ ГЕНЕРАЦІЇ КОНЕНТУ МОДЕЛЯМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

МИХАЛЕВСЬКИЙ Д.В. (adotq@ukr.net)

Вінницький національний технічний університет (Україна)

В тезах розглядається особливості сучасних моделей нейронних мереж та їх застосування для створення контенту у мобільних іграх. Подаються результати оцінювання експериментальних досліджень генерації графічних об'єктів із різними рівнями квантування та оцінювання їх параметрів.

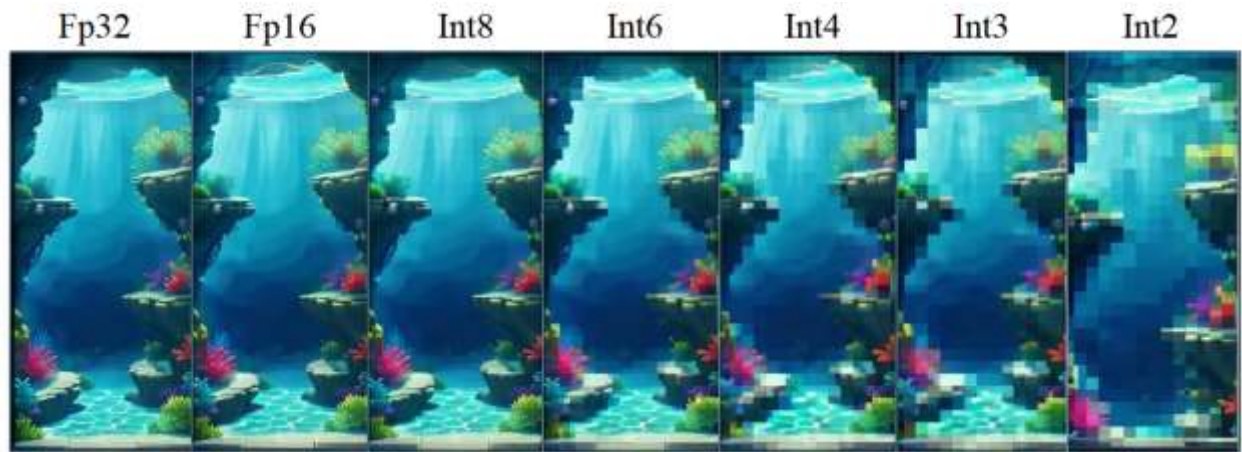
На сьогодні одним із динамічних сегментів розваг є мобільні ігри де рівень задоволення користувачів залежить, як від захопливого ігрового процесу, так і від високої якості внутрішнього контенту. Сучасні методи генерації графіки, зокрема використання нейронних мереж, алгоритмів машинного навчання та моделей штучного інтелекту, дозволяють створювати складні сцени, ефекти та персонажі у реальному часі. Такий підхід, дозволяє створювати унікальні сцени та адаптувати їх під дії гравця, що відкриває новий рівень досвіду. Але, використання моделей штучного інтелекту часто потребує значних обчислювальних ресурсів, особливо при використанні високої точності. З іншого боку мобільні пристрої мають обмежені ресурси для забезпечення генерації візуальних об'єктів та проблеми із енергозабезпеченням. Тому, значного поширення отримали методи квантування для моделей генерації контенту, які дозволяють значно зменшити розмір моделі, прискорити рендеринг та знизити енергоспоживання без істотної втрати якості. Саме правильно підібравши рівень квантування, існує можливість знаходити баланс між якістю створюваного контенту та швидкістю його генерації, що є актуальним.

Квантування в моделях штучного інтелекту – це ключова техніка оптимізації, яка зменшує розмір моделі та прискорює її роботу, переводячи ваги з високої точності (наприклад, FP32) у нижчу (int8, int4 тощо) [1]. Це дозволяє запускати великі моделі на мобільних пристроях та енергообмежених системах без критичної втрати точності. Але використання квантування приводить і до негативних наслідків, оскільки втрачається точність математичних операцій. При цьому можуть спостерігатись шум на дрібних деталях, розмиття країв об'єктів, колірний дрейф, семантична когерентність та ін.

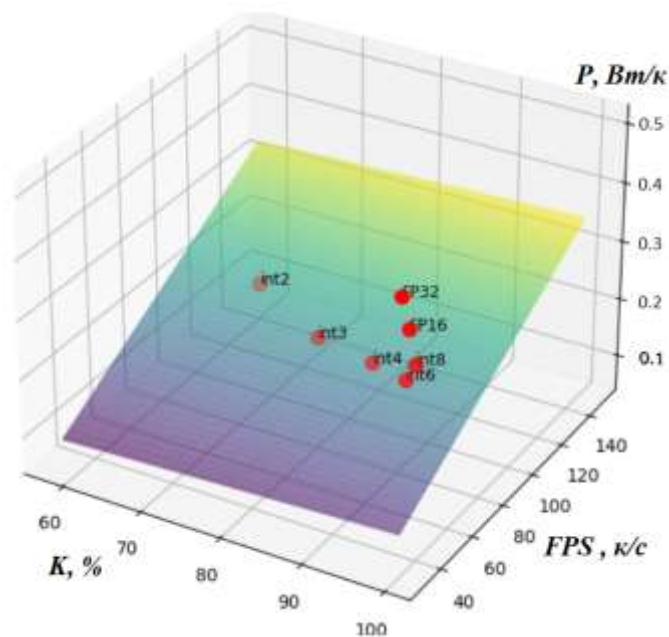
Для дослідження було обрано фон мобільної гри, як еталон, та проведено генерацію моделлю штучного інтелекту для наступних рівнів квантування: FP32, FP16, int8, int6, int4, int3, int2. Для оцінювання обрано узагальнені нормовані параметри якості зображення K (%), швидкодія виведення кадрів FPS (кадри/с) та витрати енергозабезпечення P (Вт/кадр), які відповідають типовим характеристикам мобільних GPU ARM Mali, Qualcomm Adreno та Apple A-серії. Результати аналізу та оцінювання наведено на рис. 1.

Як видно із результатів дослідження, перехід від FP32 до int8 майже не впливає на якість зображення, але FPS зростає удвічі при зменшенні енерговитрат до 40%. При застосуванні Int2 забезпечується максимальний FPS, але якість падає до 58%, що робить його непридатним для ігор із високими вимогами до графіки. Але це можна використовувати для певних видів стилізації графіки. Найбільш оптимальний компроміс спостерігається для квантування int6 та int4. При цьому, енергоспоживання зменшується пропорційно до зниження точності, що критично для мобільних пристроїв.

Таким чином, квантування int8, int6 та int4 є оптимальним для розробки мобільних ігор, що передбачає знаходити баланс між високою продуктивністю і енергоефективністю та без критичної втрати якості.



а



б

Рис. 1. – Генерація фону мобільної гри на базі моделі штучного інтелекту для різних рівнів квантування (а) та оцінювання ефективності (б)

Надмірне зниження точності квантуванням int3 та int2 призводить до значного зниження якості але, може застосовуватись для певних напрямків дизайну. Враховуючи використання моделей штучного інтелекту для візуалізації контенту, є актуальним застосування генерації у телекомунікаційних системах для побудови поверхонь поширення сигналу та розподілу пропускної здатності в реальному часі [2,3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] J. Lang Z. Guo S. Huang. A Comprehensive Study on Quantization Techniques for Large Language Models. arXiv:2411.02530v1. 2024. Pp. 1-8. DOI: 10.48550/arXiv.2411.02530.
- [2] Mykhalevskiy D. V. Investigation of wireless channels of 802.11 standard in the 5GHz frequency band. Latvian journal of physics and technical sciences. 2019. № 1. Pp. 41-51. DOI: 10.2478/lpts-2019-0004.
- [3] Mykhalevskiy D. V., Kychak V. M. Development of information models for increasing the efficiency of evaluating wireless channel parameters of 802.11 standard. Latvian journal of physics and technical sciences. 2019. № 2. Pp. 41-51. DOI: 10.2478/lpts-2019-0009.

МУЛЬТИМЕДІЙНІ ТА ВІЗУАЛ ІННОВАЦІЇ НА ОСНОВІ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ШІ

НІЖЕГОРОДЦЕВ В.О. (nizhegorodcev@ukr.net)

Державний податковий університет

У цій роботі розглядаються трансформаційні процеси в галузі мультимедіа, проаналізовані ключові інновації у створенні сучасного візуального контенту, зокрема технології синтезу зображень, відео, музики. Особливу увагу приділено викликам, що пов'язані з автентичністю мультимедійного контенту та формуванням нової «синтетичної естетики» в цифровому середовищі.

Постановка проблеми. На сьогодні кожен сучасний кріейтор, сторітелер та відеоархітектор вже втомилися від швидкого та стрімкого розвитку різнопланових можливостей генеративного штучного інтелекту, який докорінно змінює існуючий ландшафт креативних індустрій. Різноманітні ШІ-інструменти заповнюють медіапростір своїми безкоштовними можливостями реалізаціями (такі як Sora, Midjourney v7, Stable Diffusion та нейромережі для просторового обчислення) перестали бути лише допоміжними засобами для ретуші, перетворившись на повноцінних співавторів мультимедійного контенту. Проте, разом із новими можливостями, виникла низка критичних викликів, які потребують системного аналізу. Головною проблемою залишається розрив між технологічним потенціалом ШІ та методологічною готовністю галузі до його впровадження. Гостра потреба залишається і в розробці нових концептуальних підходів до використання ШІ, які б дозволили збалансувати технологічну ефективність, етичну відповідальність та збереження унікального людського творчого бачення.

Перелік вирішених завдань. У дослідженні нами було проаналізовано роль адаптивних мультимедійних середовищ, що змінюються в реальному часі під запити конкретного користувача. Проблема дипфейків, дезінформації та упередженості алгоритмів у візуальній комунікації також залишається актуальною. Розглянуті існуючі дослідження з даного питання підтверджують відсутність єдиних стандартів для поєднання ШІ-рішень з традиційними пайплайнами.

Виклад основного матеріалу. Сучасний етап розвитку ШІ характеризується переходом від статичної генерації до динамічного синтезу. Використання інструментів останніх моделей ШІ дозволяє створювати візуальний контент, який неможливо відрізнити від реальності.

Великий обсяг мультимедійних даних потребує застосування новітніх інформаційних технологій, здатних створювати системи нового покоління для ефективної взаємодії користувача з цифровим контентом. Штучний інтелект в цьому питанні відіграє особливу роль засобу підвищення якості подання інформації та оптимізації взаємодії з нею [2, с. 126].

Генерація динаміки Luma, Sora, Runway більше не просто «склеює» кадри, а дозволяє реалізувати розум фізики світу (гравітацію, відблиски, рух рідин). Це дозволяє створювати складні кінематографічні сцени без використання знімальних майданчиків. Технології ШІ дозволяють, на сьогодні, автоматично адаптувати міміку актора під будь-яку мову перекладу, зберігаючи тембр та емоційне забарвлення голосу. Впровадження нових технологій ШІ формує новий тип естетики, що породжує проблему довіри до візуального контенту.

Інновації на основі ШІ не просто прискорюють роботу медіа-фахівців, а змінюють саму парадигму створення контенту. Можливості, які раніше потребували бюджетів великих кіностудій, тепер доступні індивідуальним кріейторам через безкоштовні та умовно-безкоштовні інструменти. Більшість потужних інструментів перейшли на модель Freemium (щоденні ліміти або безкоштовні кредити при реєстрації).

Leonardo.ai – є одним з найкращих для професіоналів та надає 150 безкоштовних токенів щодня, а також дозволяє контролювати стиль, позу персонажів та якість апскейлу (збільшення роздільної здатності). Величезну базу готових стилів та інтеграції ідей з редактором пропонує Freepik AI (20 генерацій на день). Для блогера чи відеомейкера цього цілком достатньо для створення якісного контенту без великих вкладень. Luma Dream Machine - дозволяє створювати

реалістичні 5-секундні кліпи з тексту або фото (безкоштовний пробний пакет - 30 генерацій на місяць). Такі гіганти як Runway, Pika та Nailuo AI пропонують щоденні щедрі безкоштовні ліміти для створення для тестування функцій.

У роботі з аудіо та голосом лідерами з безкоштовними версіями залишаються такі синтезатори голосу як ElevenLabs, Adobe Podcast та Suno. Повністю безкоштовні інструменти дозволяють за секунди перетворювати запис у звук професійної студії, створювати повноцінні пісні за запитом, озвучувати короткі ролики природними голосами (включаючи українську).

Інтеграція технологій штучного інтелекту в роботу сучасного медіа-фахівця - це не просто використання окремих сайтів, а побудова цілісного інтелектуального робочого процесу.

Сучасна роль ШІ формується як каталізатор творчості, інтеграції технологічного, креативного та аналітичного компонентів. Моделі впровадження ШІ, які репліковані в освітніх програмах дизайну пов'язані з порівняльною оцінкою різних AI-платформ, розробленням адаптивних методичних рішень і відстеженням динаміки професійної готовності [3].

Генеративні нейромережі, алгоритми обробки зображень, аудіо та відео не тільки підвищують якість контенту, а й надають нові можливості для творчості й інновацій. Активне впровадження ШІ в мультимедійні технології супроводжується низкою викликів, зокрема етичними питаннями щодо авторських прав, алгоритмічної упередженості, маніпулювання інформацією через дипфейки та потенційного впливу на суспільну думку [1, с. 249].

Інтеграція ШІ в ці програми дозволила скоротити час технічної збірки відео на 60 - 80%, вивільнивши час для творчих пошуків та експериментів зі стилем. Перетворення медіавиробництва з лінійного процесу на циклічний та високошвидкісний, де швидкість ітерації (кількість спроб) стає вищою, а вартість помилки - майже нульовою головним інструментом.

Висновки. Аналіз сучасного інструментарію штучного інтелекту дозволяє стверджувати, що ми є свідками масштабної трансформації медіапростору з моменту винайдення цифрової фотографії. Завдяки вдосконаленню генеративних моделей відкривається межа між фізично знятим та алгоритмічно створеним контентом. Це відкриває безмежні можливості для візуалізації складних ідей, проте вимагає нових етичних стандартів та систем верифікації цифрового маркування для збереження довіри аудиторії. Мультимедійні інновації на основі ШІ стають не просто варіантом заміни старих методів новими, а формують нову мову візуальної комунікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волинець В. (2025). Синергія штучного інтелекту та мультимедійних технологій: розвиток, виклики й інновації. *Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері*, 8(1), 249–263. <https://doi.org/10.31866/2617-796X.8.1.2025.335993>.
2. Пушкар О. І. Методика створення адаптивних інтерактивних мультимедійних просторів з використанням штучного інтелекту / О. І. Пушкар, О. С. Євсєєв, Т. О. Свічко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2025. – № 2(84). – С. 126-140. URL: <https://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/37382>.
3. Силенко Ю.В. Інноваційні інструменти ШІ у професійній підготовці майбутніх дизайнерів: досвід організації практичних занять з курсу «Основи мультимедійного дизайну», ОП «Мультимедійний дизайн» КНУТД / Ю. В. Силенко // Грааль науки. – № 57 за матеріалами X Міжнародної науково-практичної конференції «An Integrated Approach To Science Modernization: Methods, Models And Multidisciplinarity» (17.10.2025). – С. 691-700. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/31679>.

ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ: ПРОБЛЕМА СУЧАСНИХ ІГОР

ПАНЧЕНКО А.В. (pancenkoalina809@gmail.com)

Фаховий коледж Класичного приватного університету

Проаналізовано проблему перевантаженості інтерфейсів в сучасних іграх та визначено основні причини їх виникнення. Визначено основні підходи для вирішення проблеми та проаналізовано який геймдизайн найчастіше використовується.

Актуальність теми. В наш час з розвитком технологій з'явилася проблема перевантаженості інтерфейсу. Це стосується не тільки сайтів, додатків, але й ігор. Перевантаженість в іграх додає багато непотрібної інформації та елементів які ускладнюють взаємодію користувача з грою. В той час коли ігри тільки з'являлися на світ їх інтерфейс був максимально простим, але з розвитком 3D графіки та ускладнення ігрових механік почали з'являтися інтерфейси, які включали показники здоров'я персонажів, мінікарту та багато інших елементів, які були одночасно відображені на екрані.

Чому це відбувається? Головною причиною є те що розробники хочуть надати всю інформацію одночасно. Це можуть бути підказки, історія та багато чого іншого. Це звичайно дуже добре що розробники піклуються про користувачів але з точки зору дизайну це може бути занадто. Головний екран стає дуже сильно перенасиченим через велику кількість елементів, наприклад передісторія, квести і багато чого іншого, а гравець буде змушений використовувати більше розумових зусиль для обробки інформації. Це можна пояснити теорією Cognitive Load Theory Джона Свелле. В ній розповідається про те що людська оперативна пам'ять обмежена, тобто коли інтерфейс перевантажений користувач перестає діяти раціонально та легше піддається різним імпульсам[1]. Можна зазначити що надмірна кількість графічних та інформаційних елементів в інтерфейсі знижують зручність користування та викликають втому.

Як боротися з перевантаженням інтерфейсу? В інтерфейсах ігор є три основних напрямки які допомагають іграм залишатися інформативними але не перенавантаженими це класичні, мінімалістичні та дієгетичні[2]. Класичні стилі більш інформативні але для деяких користувачів може здаватися нудними. Мінімалістичні стилі вже трішки краще поєднують в собі історії якщо такі є та створені не відволікати від гри, це дуже добре працює в іграх в яких треба приймати швидкі рішення, наприклад в різних іграх з військовою тематикою де гравець постійно стежить за ворогами, ресурсами та цілями. А вже дієгетичні стилі вже частіше використовуються в хорорах або іграх-головоломках, щоб занурити користувача в ігровий процес. Тобто можна дійти висновку та зрозуміти що найважливіше в грі. На основі аналізу віднайшлися варіанти які в іграх дуже добре комбінуються, тому перше що можна внести до боротьби з перевантаженням це використовувати принцип мінімалізму. Головне відображати найнеобхіднішу інформацію, або розділяти їх на різні підпункти які будуть з'являтися через якийсь час. Прості інтерфейси значно краще сприймаються користувачами ніж інтерфейси з зайвими елементами. По-друге поступове відкриття інформації коли вони будуть потрібні користувачам допоможе вмістити все необхідне не створюючи зайвий «шум» для очей.

Висновки. Наразі проаналізувавши декілька інтерфейсів популярних ігор можна сказати що принципи мінімалізму та відображення найнеобхіднішої інформації дуже активно та вдало застосовуються розробниками. Саме зменшення кількості елементів на екрані та прагнення залишити те що справді впливає на ігровий процес допомагає цим іграм залишатися актуальними та неперенавантаженими для ока.

Отже сучасний геймдизайн рухається в напрямку продуманих та адаптивних інтерфейсів, які забезпечують простоту сприйняття для користувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Секрети ефективного UX/UI через розуміння мозку користувача [Електронний ресурс]. <https://www.rbc.ua/rus/news/sekreti-efektivnogo-ux-ui-cherez-rozuminnya-1748940273.html>
2. Напрямки UI у відеоіграх [Електронний ресурс]. <https://ux.pub/azhoroth/napriamki-ui-u-vidеоighrakh-2kdh>

ДИЗАЙН ФІРМОВОГО СТИЛЮ ДЛЯ БРЕНДУ СІМЕЙНОЇ МЕДИЦИНИ «DELTA CLINIC»: ФОРМУВАННЯ ВПІЗНАВАНОГО ОБРАЗУ У СФЕРІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

ПАНЧЕНКО А.В. (pancenkoalina809@gmail.com)

Фаховий коледж Класичного приватного університету

У роботі обґрунтовано чому важливо створювати продуманий фірмовий стиль для медичного образу, адже саме візуальне оформлення впливає на перше враження та довіру пацієнтів. Також було розроблено логотип, кольорову гамму, які разом сформували цілісний і зрозумілий образ для клініки.

Актуальність теми. В наш час з'явилася потреба в створенні конкурентоспроможних, цілісних та стратегічно продуманих візуальних образів для сімейної медицини. Фірмовий стиль є невід'ємною частиною розвитку медичних брендів, бо саме через візуальні елементи відбувається перший контакт людини з клінікою. Наразі все більше і більше людей здійснює свій вибір не лише через перелік послуг але й через враження сформоване завдяки візуальній комунікації та вигляду закладу.

Важливість брендингу в охороні здоров'я. Головними завданнями для брендингу це допомагати відрізнити компанії від конкурентів, завоювати довіру пацієнтів та покращувати досвід пацієнтів[1].

Мета роботи. Створення комплексного дизайну фірмового стилю для бренду сімейної медицини «DeltaClinic». Розробка для цього стилю повинна бути не лише спрямованою на гарну картинку, але й нести в собі зміст, бути символом професійності, надійності та відкритості бренду до людей.

Які завдання були поставлені. Головним завданням виступає створення впізнаваного образу бренду сімейної медицини. У роботі зосереджується увага на розробці символіки, визначення кольорової гамми, вибір типографіки, а також адаптація всього розробленого для різних форматів застосування.

Які розробки проводились і за допомогою яких програм. В бренді «DelitaClinic» головною ідеєю є турбота про всю сім'ю тому було розроблено логотип в якому найважливіше - це сім'я. До логотипу підібрана типографіка яка асоціюється з турботою але й водночас має професійні нотки. Після розробки логотипа було розроблено витяг з обстеження, макет сайту кініки, бейджі для персоналу, візитівки, постери, дизайн для чашок, таблички для навігації по лікарні, таблички для входу, шопери та блокноти для постійних клієнтів. Все було підібрано в однаковій кольоровій гаммі для естетичності. Дизайни для чашок зроблені індивідуально для лікарів та мед.сестер. А шопери та блокноти використовуються в побутових і рекламних цілях. Шопери дуже вмісткі та практичні, а блокноти завжди потрібні і корисні у щоденному використанні.



Рис. 1 – Логотип для бренду сімейної медицини

Для виконання всього цього використовувалися такі програми як: ibisPaint X, Adobe Illustrator, Figma та Canva для Mockup.

Що було розроблено. Було розроблено логотип для бренду, кольорову гамму, витяг з обстеження, макет сайту кініки, бейджі для персоналу, візитівки, постери, дизайн для чашок, таблички для навігації по лікарні, таблички для входу, шопери та блокноти. Кольорову гамму було дуже важливо розробити зі розумінням психології кольору, тому було прийнято рішення зробити

все в бірюзових відтінках. Так як зелений та синій кольори викликають спокій та знижують рівень стресу[2].

Висновки. Отже у висновку було пророблено багато роботи та аналізу конкурентного середовища, що дало змогу дійти такого результату та сформувані ефективні рішення які спрямовані на створення впізнаваного, сучасного та конкурентоспроможного бренду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стратегії брендингу охорони здоров'я [Електронний ресурс]. https://www.ramotion.com/blog/healthcare-branding/?utm_source=
2. Психологія кольору в клінічному дизайні: як кольори впливають на настрій пацієнтів? [Електронний ресурс]. <https://ipekbaycan.com/colour-psychology-in-clinical-design-how-do-colours-affect-patients-mood/>

УДК 004.9:7.05

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ТА ГЕОМЕТРІЇ РІВНІВ У ПРОЦЕДУРНИЙ ГЕНЕРАЦІЇ ЛАБІРИНТІВ

ПЛАТОНОВ В.В. (v.platonov@onu.edu.ua), ПЛАТОНОВА Є.В. (jane.platonova@onu.edu.ua)
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра оптимального керування та економічної кібернетики, м. Одеса, Україна

Анотація. У роботі досліджується застосування теорії антагоністичних ігор для автоматизованого дизайну рівнів (Level Design). Пропонується модель взаємодії двох агентів — «Генератора» (Builder) та «Гравця» (Solver), де процес розстановки перешкод формалізується як пошук оптимальної стратегії у грі з нульовою сумою. Такий підхід дозволяє створювати рівні з контрольованим рівнем складності, уникаючи чистої рандомізації, та забезпечувати баланс між візуальною структурою лабіринту та його ігровою прохідністю.

Постановка проблеми. Сучасний дизайн рівнів у відеоіграх часто покладається на процедурну генерацію контенту (PCG). Проте стандартні алгоритми (наприклад, алгоритм Пріма чи рекурсивний бектрекінг) створюють лабіринти з випадковою складністю, яку важко контролювати розробнику. Проблема полягає у відсутності формалізованих методів, які б дозволяли системі «свідомо» ускладнювати рівень, адаптуватися до алгоритмів навігації гравця.

Перелік завдань. 1) Формалізувати процес дизайну рівня як антагоністичну гру двох осіб; 2) Визначити критерії оцінки складності (цільову функцію) на основі довжини шляху та кількості маршрутів; 3) Розробити методи подолання комбінаторного вибуху при розрахунку стратегій розстановки перешкод; 4) Обґрунтувати переваги ігroteоретичного підходу для балансування ігрового досвіду.

Виклад основного матеріалу. У контексті дизайну рівнів ми розглядаємо ігрове поле як граф, де вузли – це вільні комірки, а ребра – можливі переходи. Процес створення рівня моделюється як протистояння двох гравців.

Гравець 1 (Builder/Level Designer): Прагне розмістити обмежену кількість стінок (об'єктів дизайну) таким чином, щоб максимізувати довжину найкоротшого шляху L від старту S (початкова точка) до фінішу F (кінцева точка). Його стратегічний простір – це всі можливі комбінації $C(n, k)$ розташування k перешкод на сітці $n \times n$.

Гравець 2 (Solver/Player): Використовує оптимальні алгоритми пошуку (Дейкстри або A^*), щоб мінімізувати шлях L .

Платіжна матриця гри будується на основі значень L , отриманих для кожної пари стратегій. Оптимальне рішення (сідлова точка або змішана стратегія) відповідає «ідеально збалансованому» рівню для заданого бюджету стінок.

Головною проблемою є розмірність: для лабіринту для 10x10 кількість варіантів розміщення перешкод перевищує обчислювальні можливості. У роботі запропоновано метод «ітераційного дизайну»: агент Solver робить крок, а Builder динамічно додає перешкоду в околі агента, яка максимально подовжує залишковий шлях, але не блокує його повністю. Це дозволяє генерувати складну геометрію рівня у реальному часі.

Висновки. Використання антагоністичних ігор у дизайні рівнів дозволяє перейти від випадкової генерації до математично обґрунтованого проектування складності. Це забезпечує унікальний ігровий досвід, де рівень «протидіє» гравцеві, залишаючись гарантовано прохідним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Taha, H. A. *Introduction to Operations Research*. – 10th ed. – Pearson, 2017. – 848 p. – ISBN 978-1-292-16554-7.
2. S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Kyiv, Ukraine: Dialektyka, 2019.
3. T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, *Introduction to Algorithms*, 3rd ed. Kyiv, Ukraine: K.I.S., 2019.

УДК 004.92

КОЛІРНА ПАЛІТРА ЯК ІНСТРУМЕНТ НЕВЕРБАЛЬНОГО НАРАТИВУ

СИРГІЙ П.А., ЖУКОВЕЦЬКА С.Л.

Одеський національний технологічний університет

У роботі досліджується роль колірної палітри як інструменту невербального наративу у відеоіграх. Розкрито різницю між декоративним та функціональним підходами до колористики. Обґрунтовано використання кольору для керування увагою гравця, зниження когнітивного навантаження та створення емоційного зв'язку з персонажем без вербальних засобів комунікації.

У сучасному геймдизайні візуальна складова давно вийшла за межі суто естетичного оформлення. Колір перетворився на активну мову, яка здатна передавати складні сюжети, емоційні стани та філософські ідеї без використання жодного рядка діалогу. Невербальний наратив – це спосіб розповісти історію через оточення, і саме колірна палітра є найшвидшим каналом передачі інформації від розробника до гравця.

Постановка задачі

Розробляється гра-симулятор із елементами виживання, у якому користувач керує автономним роботом, призначеним для відновлення екологічно деградованих територій Землі після глобальної катастрофи. Необхідно сформувати методику візуалізації ігрового прогресу, що базується на зміні стану навколишнього середовища залежно від дій гравця.

Формування методики

Пропонується забезпечувати поступову зміну візуального стану ігрового світу – від токсичних монохромних відтінків до насичених природних кольорів – залежно від дій гравця та рівня відновлення екосистеми. Потрібно визначити принципи та критерії зміни візуальних параметрів середовища, що забезпечують інтуїтивне сприйняття прогресу та підвищення залученості гравця.

Перш за все, варто розмежувати декоративний та функціональний підходи до роботи з кольором:

1. Кольори для краси (декоративний підхід): спрямований на створення естетично привабливої, гармонійної картинки відповідно до правил колористики та сучасних графічних стандартів.

2. Кольори для змісту (нاراتивний підхід): кожен відтінок має значення і виступає індикатором стану ігрового світу. Наприклад, сірі й брудні кольори сигналізують про токсичність

середовища, тоді як поява чистих блакитних або зелених відтінків відображає відновлення екосистеми. Колір стає засобом комунікації між грою та гравцем.

Правильно підібрана палітра дозволяє:

- зменшити когнітивне навантаження – гравець інтуїтивно сприймає правила світу;
- створити емоційний резонанс через вплив на підсвідомість;
- підсилити імерсивність, особливо в інді-проєктах.

Окрім наративної функції, колір виконує роль навігації:

- акцентний колір: яскраві відтінки виділяють ключові об'єкти або точки інтересу;
- зміна настрою локацій: перехід до темних тонів сигналізує про зміну ігрового стану або подій.

Використання кольору як інструменту невербального наративу забезпечує глибокий емоційний зв'язок гравця з ігровим світом. Для його реалізації необхідно:

- розробити контрастні колірні сценарії для «забрудненого» та «очищеного» станів локацій;
- впровадити систему кольорових акцентів для інтерактивних об'єктів;
- адаптувати візуальний стиль персонажа до різних станів середовища із збереженням його виразності.

Апробація методики

1. Загальна концепція впровадження. У розроблюваній грі колірна трансформація виступає центральним елементом геймплею та сюжетного розгортання. Вона забезпечує наочне відображення прогресу гравця через зміну стану ігрового середовища.

2. Початковий стан середовища. На початку гри локації представлені у «токсичній» палітрі: домінують брудно-сірі, іржаві та жовтуваті відтінки, що формують відчуття деградації та візуального дискомфорту.

3. Динаміка колірної трансформації. У процесі очищення територій відбувається поступова зміна палітри середовища – від приглушених до насичених природних кольорів (зелених, блакитних, яскравих акцентних). Це створює інтуїтивно зрозумілий візуальний індикатор прогресу та підсилює мотивацію гравця.

4. Невербальний наратив через персонажа. Додатковим засобом є зміна кольорової палітри самого робота. З часом його кольори темніють, темнішають або набувають ознак зношеності, що відображає складність виконуваних завдань і формує емоційне сприйняття «втоми» персонажа.

5. Трансформація сприйняття персонажа. Сприйняття робота змінюється залежно від стану середовища:

- у забрудненому світі він виглядає як контрастний, чужорідний елемент – символ надії;
- у відновленому середовищі стає органічною частиною екосистеми.
- Таким чином, колірна динаміка підкреслює роль персонажа як каталізатора змін і забезпечує формування цілісного емоційного досвіду гравця.

Висновки. Колірна палітра в іграх – це складний інструмент невербальної комунікації. Розуміння різниці між декоративним та змістовним кольором дозволяє створювати глибокі, імерсивні проєкти, де кожен піксель працює на загальний задум і залишає тривалий відбиток у пам'яті гравця. Вдале колірне рішення може зробити гру більш впізнаваною, вплинути на рівень занурення та навіть на комерційний успіх проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Роль колірного оформлення в сучасних іграх URL: <https://arionisgames.com/uk/blog/the-role-of-color-design-in-modern-games/>

2. Ігрові локації в сучасних іграх: як сюжет розкривається через оточення URL: <https://vokigames.com/ua/igrovi-lokacziyi-v-suchasnyh-igrah-yak-syuzhet-rozkryvayetsya-cherez-otochennya/>

3. Гейм-палітра: роль кольору в сучасних мобільних іграх URL: <https://vokigames.com/ua/rol-koloru-v-suchasnyh-mobilnyh-igrah/>

ПРОЦЕДУРНА ГЕНЕРАЦІЯ ЛАНДШАФТУ ДЛЯ 3D-ГРИ ЖАНРУ ВИЖИВАННЯ ЗАСОБАМИ GAEA TA UNREAL ENGINE 5

СТУПКА А.В. (stupka_ak22@nuwm.edu.ua)

Національний університет водного господарства та природокористування

У роботі розглядається підхід до процедурної генерації ландшафту для тривимірної гри жанру виживання. Описано процес створення марсіанського рельєфу засобами спеціалізованого програмного забезпечення Gaea з подальшим імпортом у середовище розробки Unreal Engine 5. Розглянуто граф обробки вузлів, методи ерозії та формування рельєфу, а також процес адаптації ландшафту під ігрові потреби засобами скульптингу. Результатом є процедурно згенерований ігровий світ з унікальними географічними зонами, що відповідають вимогам ігрового дизайну.

Постановка проблеми. Створення реалістичного ігрового ландшафту є одним із ключових завдань при розробці тривимірних ігор жанру виживання. Ручне моделювання рельєфу потребує значних часових ресурсів і не завжди забезпечує необхідний рівень деталізації та природності. Процедурна генерація дозволяє автоматизувати цей процес і отримати органічний рельєф із мінімальними витратами часу. Актуальною є задача інтеграції спеціалізованих інструментів генерації ландшафту з ігровими рушіями, зокрема Unreal Engine 5.

Мета роботи – розробка процедурно згенерованого ландшафту марсіанської планети для 3D-гри жанру виживання з використанням програмного забезпечення Gaea та Unreal Engine 5.

Вирішені завдання. У процесі роботи вирішено такі задачі: проектування структури ігрового світу з урахуванням вимог геймдизайну; побудова графу обробки вузлів у Gaea для генерації марсіанського рельєфу; налаштування параметрів ерозії, скельних утворень та кратерів; експорт карти висот у форматі PNG 16-bit; імпорт та масштабування ландшафту в Unreal Engine 5; адаптація рельєфу під ігрові зони засобами інструменту Flatten.

Суть дослідження. Ігровий світ розроблено у вигляді невеликого відкритого простору на марсіанській планеті. Структуру світу спроектовано відповідно до ігрового дизайну: центральна зона з розміщенням бази гравця, шахти для видобутку ресурсів, зони добувних машин та небезпечний периметр із ворожими об'єктами.

Для генерації ландшафту використано програмне забезпечення Gaea – інструмент процедурної генерації рельєфу на основі вузлового графу [1]. Побудовано граф обробки, що включає такі вузли: MountainRange – генерація базового гірського рельєфу зі стилем Stratified для формування характерних горизонтальних уступів; Crater – додавання марсіанських кратерів по периметру карти; Combine – об'єднання генераторів з режимом Max; Warp – деформація рельєфу для усунення штучної симетрії; Erosion – імітація процесів вивітрювання з параметром Duration 0.3–0.5; Rockscare – додавання кам'янистої поверхневої фактури. Вузли з'єднано послідовно, утворюючи конвеєр обробки від генерації базової форми до деталізації поверхні [2].

Експорт здійснено у форматі PNG 16-bit з роздільною здатністю 1009×1009 пікселів – значення, оптимізоване для імпорту в Unreal Engine 5. Карту висот імпортовано через режим Landscape у редакторі UE5 з подальшим налаштуванням масштабу по осі Z для досягнення необхідної висоти гірського рельєфу. Для забезпечення ігрової прохідності в центральній зоні бази застосовано інструмент Flatten з параметрами Brush Size 2000–3000 та Strength 0.1–0.2, що дозволило сформувати плавну рівнину без різких перепадів висот.

Для текстурювання поверхні використано матеріал із бібліотеки Fab (Unreal Engine Marketplace) з налаштуванням параметрів кольору під марсіанську колірну гаму – червоно-коричневі відтінки з темними скельними включеннями. Результуючий ландшафт містить виражені географічні зони: гірський периметр, систему природних ярів та оврагів, що слугують коридорами між ігровими зонами, та рівнинну центральну частину для розміщення ігрових об'єктів.

Висновки. Розроблено процедурно згенерований ігровий ландшафт марсіанської планети з використанням програмного забезпечення Gaea та Unreal Engine 5. Застосування вузлового графу обробки в Gaea дозволило отримати органічний рельєф із характерними марсіанськими

особливостями: кратерами, скельними уступами та системою ярів. Інтеграція з Unreal Engine 5 здійснена через карту висот PNG 16-bit, що забезпечило точну передачу деталей рельєфу. Підхід демонструє ефективність використання спеціалізованих інструментів процедурної генерації у розробці ігрових середовищ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Quadspinner, "Gaea Documentation," Quadspinner, 2023. [Online]. Available: <https://docs.quadspinner.com/>.
- [2] I. Millington and J. Funge, Artificial Intelligence for Games, 2nd ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2009, pp. 1–30.
- [3] Epic Games, "Landscape Outdoor Terrain," Unreal Engine Documentation, 2024. [Online]. Available: <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/landscape-outdoor-terrain-in-unreal-engine/>.

УДК 004.96:[004.92+7.017]:398.2(477)

ДИЗАЙН ВЛАСНОГО ІГРОВОГО СВІТУ З УКРАЇНСЬКОЮ МІФОЛОГІЄЮ ДЛЯ УНІКАЛЬНОГО ДОСВІДУ КОРИСТУВАЧА

ТЕРЕНДА М.В. (marta.terenda.vr.2025@lpnu.ua)
ГРИНИХА С.Б. (sofiia.hrynykha.vr.2025@lpnu.ua)
КОПЧУК А.В. (anastasiia.kopchuk.vr.2025@lpnu.ua)
Національний університет "Львівська Політехніка"

У роботі розглядається методологія створення ігрового світу на основі української міфології з фокусом на візуальний сторітелінг та формування унікального досвіду користувача (UX). Описано пайплайн розробки 2D-графіки та її інтеграції в ігровий рушій із застосуванням систем динамічного освітлення для підсилення наративної складової та ігрової атмосфери.

Сучасна ігрова індустрія постійно шукає нові підходи до залучення гравців, де візуальна складова та унікальний культурний бекграунд стають ключовими факторами формування глибинного досвіду користувача (UX). Проте, як свідчать актуальні дослідження, серед сучасної молоді спостерігається досить низький рівень обізнаності з власним фольклором та міфологією, що створює виклики для збереження національної ідентичності [1]. За таких умов комп'ютерні ігри та їхня виразна візуальна мова стають не лише засобом розваги, але й інструментом культурної просвіти.

Головна проблема полягає у необхідності переходу від поверхневого використання чи стереотипізації фольклорних образів до їхньої глибокої художньої адаптації, де візуальні символи стануть повноцінним віддзеркаленням культури народу в інтерактивному середовищі [2]. У даній роботі наведено приклад розробки методології дизайну міфологічного ігрового світу, що поєднує автентичний 2D-арт та сучасні інструменти візуалізації для створення унікального ігрового досвіду.

Процес розробки дизайну складається з кількох послідовних етапів: від формування ідеї та скетчу до створення фінального концепту оточення та персонажів [3]. На етапі створення 2D-графіки зазвичай використовується спеціалізоване програмне забезпечення. Водночас для збереження автентичної похмурої чи містичної колірної гами на етапі рендеру застосовується технологія екранної кольоропроби.

Вирішальним етапом формування UX є перенесення розробленого арту в інтерактивне середовище. Згідно з сучасними уніфікованими моделями ігрового дизайну, чіткий інтерактивний зворотний зв'язок і правильне компонування простору безпосередньо формують цілісний користувацький досвід та забезпечують глибоке емоційне занурення гравця у віртуальний світ [4].

Щоб досягти цього стану в розробленому на базі рушія Unity, візуал тісно поєднується з механіками. Інший досвід [5] показує, що успішна адаптація фольклору вимагає цілісного підходу до візуалу, який би резонував із цільовою аудиторією гравців та органічно вплітався в ігровий процес. Тому містична атмосфера формується насамперед через специфічне графічне оформлення: виразні, гіперболізовані силуети різноманітних істот, використання автентичних мотивів у дизайні оточення та ретельно підбрану відповідну колірну палітру. Технічні інструменти рушія Unity виступають тут лише як допоміжний засіб для підкреслення текстур і виділення ключових деталей намальованого світу. Такий підхід спонукає гравця розглядати кожен елемент оточення, розкриваючи характер фольклорних створінь через їхній візуальний дизайн.

У грі [6] наведено використання цієї методології. Гра у жанрі пригоди (adventure) присвячена духам української міфології в наш час. При розробці 2D-арту було враховано специфіку персонажів відповідно до міфологічних уявлень і сучасних образів. Використовується психології форм [7], що дозволяє показувати характер персонажа через його зображення. Головний герой (рис. 1.а) і наші маскоти, гаврички (рис. 1.б), як позитивні персонажі, складаються з округлих і гладких форм. Лісовик (рис. 1.в) складається із прямокутних форм, що асоціюється із надійністю та захистом, але додатково містить гострі та динамічні елементи, що символізують стихію і небезпеку.



Рис. 1 – Дизайн персонажів: а) Лесик, б) гавричка, в) Лісовик, г) Злидень

Відповідно злидні (рис. 1.г) складаються з гострих і обірваних форм, як негативний і небезпечний персонаж. Для створення лудонаративної гармонії, в сюжет гри було додано унікальних духів і механіки взаємодії із ними. Наприклад, маскоти гаврички допомагають із вступом у гру (рис. 2), а через духа колорадського жука врахований сучасний історичний контекст (рис. 3). Таким чином, досвід гравця від гри відчувається автентичним і реалістичним.

Отже, розробка ігрового світу на основі української міфології вимагає комплексного підходу. Поєднання продуманого пайплайну створення 2D-арту з технічними можливостями рушіїв (зокрема, динамічним освітленням) дозволяє створити цілісний ігровий продукт. Такий дизайн не лише забезпечує унікальний ігровий досвід, але й виконує важливу соціокультурну функцію, популяризуючи український фольклор через інтерактивні медіа. Зображення нашої культури через призму сучасності для кращого занурення.



Рис. 2 – Розмова із першою гавричкою



Рис. 3 – Взаємодія із духом колорадського жука

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Оніщенко Т. В., Кольченко А. С., "Гейміфікація української ідентичності: підвищення знань про українську міфологію через інтерактивні механіки ARPG", Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації-2025», Одеса, Україна, 2025.

2. Шульга А. А., "Символи та образи української міфології в дизайні як віддзеркалення культури народу", Херсонський національний технічний університет, Херсон, Україна, 2023.

3. Головчанська Є. О., "Етапи і методи розробки дизайн-графіки мобільних ігрових додатків", у Графічний дизайн в інформаційному та візуальному просторі, Київ, Україна: КНУТД, с. 190–211, 2022.
4. J. D. Wit, "A Unified Model of Game Design, Through the Lens of User Experience", Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2021, doi: 10.1145/3411763.3451778.
5. Коза М. С., "Розробка артстилю відеогри за українською тематикою", Кваліфікаційна робота, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна, 2023.
6. «YAVA», itch.io. Дата звернення: 12, Травень 2026. [Online]. Доступний у: <https://peixxx.itch.io/java>
7. X. Yang, S. Yuan, «The Inspiration of Gestalt Psychology to the Visual Design of Video Games», dtssehs, вип. aems, трав. 2017, doi: 10.12783/dtssehs/aems2017/8317.

УДК 795.02/.08:392](048)

СЕРЕДНЬОВІЧНІ ІЛЮСТРАЦІЇ ЯК ОСНОВА ВІЗУАЛЬНОГО СТИЛЮ ВІДЕОІГОР: «PENTIMENT», «INKULINATI», «SCRIPTORIUM: MASTER OF MANUSCRIPTS», «SCRIBED CASTLE»

ХАЙЛО А. С. (iwerwolfai@gmail.com)

Київський національний університет ім. Т. Шевченка

У роботі досліджується використання середньовічних ілюстрацій у відеоіграх: розглянуто ряд відеоігор («Pentiment», «Inkulinati», «Scriptorium: Master Of Manuscripts», «Scribed Castle»), що частково або повністю відтворюють естетику середньовічного мистецтва ілюмінованих рукописів в своєму графічному візуальному стилі.

Середньовічні ілюстрації сьогодні набули певної популярності не лише серед спеціалістів – книгознавців, істориків та мистецтвознавців, – а й серед більш широкої сучасної аудиторії, зокрема через Інтернет, соцмережі та популярну культуру. Завдяки оригінальному та незвичному, часом абсурдному для сучасного глядача вигляду цих зображень їх часто використовують як меми або жарти, розповсюджуючи в соцмережах, створюючи різний мерч на кшталт наліпок, листівок або постерів. Окремо можна виділити також мистецтвознавців, що, користуючись зацікавленістю сучасної аудиторії в таких ілюстраціях, створили науково-популярні блоги, де вони публікують різні фрагменти середньовічних кодексів та манускриптів та надають певний контекст та наукову інформацію, часто подану з гумором або іронією. Не змогли оминати увагою середньовічні ілюстрації і розробники відеоігор.

Наприклад, художній стиль дилогії «Kingdom Come: Deliverance» (2018) та «Kingdom Come: Deliverance II» (2025) чеської студії «Warhorse Studios» значною мірою спирається на традиції середньовічного мистецтва XV століття, зокрема на рукописні мініатюри, живописні твори та книжкові ілюстрації того часу. Мова не лише про відтворення картин або книг в грі для передачі культурно-історичного контексту Богемії XV, де відбуваються події ігор, але й у візуальному оформленні та стилізації ігрового інтерфейсу, мап ігрових локацій, кодексу гри або ж на екрані програшу тощо. Проте графіка гри – тривимірна та реалістична, і середньовічні ілюстрації хоч і займають важливе місце, проте не є єдиним та центральним джерелом натхнення для візуального стилю гри. Проте існують й відеоігри, які повністю перейняли стиль та особливості рукописних кодексів та манускриптів, й які поклали їх в саму основу свого візуального стилю.

«Pentiment» – пригодницька рольова гра, розроблена компанією «Obsidian Entertainment» та видана «Xbox Game Studios» в 2022 році. Протагоніст гри, Андреас Малер – мандрівний підмайстер-художник із Нюрнберга, опиняється втягнутим у низку загадкових убивств у Верхній Баварії. Події розгортаються у вигаданому альпійському містечку Тассінг і розташованому поруч із ним бенедиктинському абатстві Кірзау впродовж XVI століття та охоплюють період тривалістю 25 років. Гра має двовимірну графіку та вирізняється яскравим візуальним стилем, який нагадує гравюри та ілюстрації середньовічних книг. За словами Джоша Соєра [1], артдиректора «Obsidian

Entertainment», важливим джерелом натхнення стала «Нюрнберзька хроніка» – ілюмінована енциклопедія кінця XV століття, в якій поєднується виклад всесвітньої історії та оповіді, інтерпретовані через біблійні парафрази (включає також зображення міфологічних істот та історії визначних християнських і світських міст від часів античності). Хроніка також є однією з найбільш ранніх збережених друкованих видань та одним із перших прикладів успішного поєднання тексту та ілюстративного матеріалу в єдиному виданні. Саме з неї художники, що працювали над грою, запозичили значну кількість референсів, передусім ксилографічних гравюр. Також при роботі над грою розробники опрацювали низку ілюстрованих рукописів XV століття, особливо фламандської традиції. Ключовим мистецьким орієнтиром та натхненником артдиректор також називає «Розкішний часослов герцога Беррійського» – ілюмінованого рукопису початку XV століття, книги годин (християнського молитовник), що містить зібрання молитов, призначених для читання у канонічні години. Щодо сюжету, то на нього значний вплив здійснила книга, проте вже сучасна – роман «Ім'я рози» У. Еко. Зважаючи саме на цей твір розробники будували контекст монастирської тематики, специфіку детективної інтриги, а також мотиви, пов'язані із книгами і забороненим знанням.

«Inkulinati» – покрокова стратегія польської студії «Yaza Games», видана «Daedalic Entertainment» в 2024 року на . Серед інших ігор подібного жанру яскраво вирізняється своїм візуальним стилем, який буквально відтворює рисунки середньовічних рукописних манускриптів та кодексів, а дії гри, відповідно, відбуваються буквально на сторінках середньовічних книг. За сюжетом «Inkulinati» випускник академії каліграфів, роль якого бере на себе гравець, прагне стати майстром-художником рукописів, і для досягнення своєї мети він має перемагати супротивників (химерних звірів та навіть саму Смерть), малюючи юнітів та посилаючи їх у бій. Сам задум гри, за словами В. Янаса, геймдизайнера гри з'явився саме завдяки середньовічним манускриптам: «Ці божевільні середньовічні малюнки на полях рукописів показала нам наша художниця Дорота. Це середньовічні маргіналії; мініатюрний світ, який не діє за людськими законами. Равлики їдять лицарів, зайці атакують собак з мечами. Божевілля! То був момент, коли ми закохалися в середньовічну ілюмінацію та маргіналії. То був момент, коли ми зрозуміли, як наша гра буде виглядати» [2]. Розробники прагнули не просто стилізувати графіку, а спробувати відтворити в своїх юнітах середньовічні ілюстрації, тому до роботи над грою також запросили консультанта Лукаша Козака, спеціаліста зі стародавніх книг. Його завданням було перевіряти, чи відповідав дизайн «Yaza Games» середньовічній «традиції» [2]. Крім того, в гру включили навіть реальних історичних персоналій, таких як Готфрід Буйонський, Гільдегарда Бінгенська та Данте Аліг'єрі, а частину гумору гри намагалися зберегти в межах середньовічної сміхової культури, а не сучасності.

«Scriptorium: Master of Manuscripts» – двовимірний симулятор, друга гра польської студії «Yaza Games», яка була видана компанією «Mythwright» у 2026 році. У межах ігрового процесу гравець керує середньовічним писарем, який виконує замовлення покровителів і створює для них рукописи. Попередня гра студії знайшла свою спільноту гравців, які, в свою чергу, виражали бажання більшої свободи в грі, без обмеження жанру стратегії, і розробники почали рух в цьому напрямку [3]. Відтак гравці, керуючи персонажем митця середньовічної доби, який займається ілюструванням та організацією власної майстерні рукописів, отримують можливість обрати один із двох режимів гри. Режим «Story Mode» передбачає поступове формування кар'єри шляхом виконання конкретних замовлень, що включають створення ілюстрацій, карт, листів та інших мистецьких об'єктів. Натомість режим «Sandbox Mode» забезпечує гравцям необмежену свободу дій, не встановлюючи чітких завдань і не передбачаючи взаємодії персонажа з замовниками. Також гравці можуть оформлювати свою майстерню, використовуючи кошти, зароблені під час виконання замовлень. Розробники використали попередньо напрацьований матеріал, значно його розширивши – рисунки в грі не обмежуються певною кількістю юнітів, які були представлені в «Inkulinati», й процес створення зображень тут реалізується через вибір однієї з тисяч доступних зображень, натхнених середньовічними ілюстраціями, яку далі гравець розміщує на полотні з різних типів пергаменту. Зображення можуть супроводжуватися текстовими елементами, виконаними відповідними шрифтами. Цікавим також є те, що роботи, створені в межах гри, можуть бути експортовані у форматі PNG.

«Scribed Castle» – містобудівна стратегія, випущена українським інді-розробником із Харкова Микитою Філоненко (в Steam як розробник – «Marginalact») спочатку на Nintendo Switch у вересні 2025 року, а пізніше у квітні 2026 – в Steam на PC. Процес створення міста в реалізується через

«малювання» з елементів, стилізованих під середньовічну ілюстрацію: у межах ігрового нарративу гравець постає в ролі ченця, який отримує у володіння магічний манускрипт, здатний матеріалізувати намальовані будівлі. Ігровий процес передбачає взаємодію з різними впливовими фракціями, що звертаються до героя із запитом на спорудження різних об'єктів. Захист населення та будівель забезпечують охоронці – лицарі та клірики, які протистоять загрозам з боку вовків, злочинців і еретиків. По ходу гри спектр противників поступово розширюється, а ключовим завданням гравця стає накопичення ресурсів для реалізації дедалі складніших і масштабніших будівель. М. Філоненко має художню освіту, що визначило його підхід до створення відеоігор як форм сучасного мистецтва, й візуальний стиль гри спирається на традиції середньовічних маргіналій. За словами розробника, його завжди цікавило мистецтво пізнього Середньовіччя та Проторенесансу [4]. При цьому, на думку розробника, «багато з того, що ми звикли вважати «середньовіччям», насправді вже є Проторенесансом або навіть Відродженням», й при створенні своєї гри він прагнув орієнтуватися на зразки пізньосередньовічного періоду, уникаючи звернення до естетики ренесансного мистецтва. Водночас у грі він також застосував виразний прийом «чибіфікації», що передбачає істотну стилізацію персонажів із метою надання їм максимальної компактності, виразності та візуальної привабливості, тому «історична точність не є критичною». Попри те, зображення істот та людей в грі явно спирається на правила зображення їх в манускриптах (наприклад відсутність складних тіней та прості, плоскі кольори, відсутність анатомічної точності тощо). Проте що найбільше вирізняє дану гру серед всіх інших – акцент не лише на химерних істотах, а на архітектурі, відповідно тому, як її зображали на рисунках середньовічних рукописів (те, що найбільш кидається в око – відсутність лінійної та повітряної перспективи).

Отже, сьогодні існує цілий ряд ігор, візуальний стиль яких так чи інакше спирається на середньовічні ілюміновані манускрипти. Розробники, в свою чергу, можуть використовувати в грі лише певні елементи маргіналій або стилізувати зображення під них (мова як про використання маргіналій лише для певних елементів гри, так і про використання тільки певних елементів середньовічних ілюстрацій), або ж намагатися максимально точно відтворити справжні рисунки. Відповідно, ми також можемо побачити, що середньовічні ілюстрації можуть бути джерелом натхнення для сучасного інтерактивного медіа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] M. Madnani. «'Pentiment' Anniversary Interview: Josh Sawyer on His Influences, Going From Playing D&D to Designing, a Potential 'Pillars of Eternity 3', RPG Mechanics, and More.» TouchArcade, 2023. Available: <https://toucharcade.com/2023/10/18/pentiment-anniversary-interview-josh-sawyer-on-his-influences-going-from-playing-dd-to-designing-a-potential-pillars-of-eternity-3-rpg-mechanics-and-more/> Accessed on: 12.05.2026

[2] S. Peremot. «Гумор, меч, перо та маргінальні звірі. Огляд гри Inkulinati – покрокової стратегії на сторінках стародавніх манускриптів.» GameDev DOU, 2023. [Online]. Available: <https://gamedev.dou.ua/articles/inkulinati-medieval-review/> Accessed on: 13.05.2026

[3] I. Santiago. «Polish Indie's Medieval Manuscript Game Ditches AI for Hand-Drawn Art.» HappyGamer, 2026. Available: <https://happygamer.com/scriptorium-master-manuscripts-hand-drawn-medieval-art-game-148360/> Accessed on: 13.05.2026

[4] A. Mikhel. «Кітч як бізнес. Як український розробник випустив 16 ексцентричних ігор у Steam і навчився на них заробляти.» GameDev DOU, 2026. [Online]. Available: <https://gamedev.dou.ua/articles/scribed-castle-interview/> Accessed on: 11.05.2026.

ГІБРИДИЗАЦІЯ АРХЕТИПІВ ЖІНОЧОГО У КОНТЕКСТІ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ

ЧЕМЕРИС Г. Ю. (anyta.chemeris@gmail.com)

Запорізький національний університет; Регенсбургський університет

У статті досліджується феміністична естетика у візуальній культурі воєнної України як міждисциплінарний феномен, що формується на перетині мистецтвознавства, культурології, медіа- та гендерних студій. Основна увага зосереджена на аналізі репрезентації жіночих образів, які в умовах війни зазнають суттєвої трансформації та набувають нових символічних значень. На основі архетипічної моделі здійснено класифікацію жіночих образів (Велика Мати, Кора, Амазонка, Аніма) та проаналізовано процеси їх гібридизації у сучасному воєнному мистецтві.

Актуальність дослідження зумовлена глибокими трансформаціями візуальної культури України в умовах повномасштабної війни, що супроводжуються переосмисленням ролі та репрезентації жінки у суспільстві й мистецтві. Візуальні образи сьогодні виконують не лише естетичну, а й політичну, комунікативну та меморіальну функції, стаючи інструментами формування колективної ідентичності, мобілізації та інтерпретації воєнного досвіду. У цьому контексті особливої ваги набуває аналіз жіночих образів, які все частіше репрезентуються як активні суб'єкти спротиву, носії пам'яті та агенти культурних змін. Попри зростання кількості досліджень, присвячених українській візуальній культурі воєнного часу, проблема системного аналізу жіночих репрезентацій крізь призму феміністичної естетики залишається недостатньо розробленою. Існуючі праці переважно фокусуються на описі окремих феноменів або тематичних аспектів, тоді як комплексний підхід, що поєднує гендерну оптику з глибинним символічним аналізом, потребує подальшого розвитку. Це зумовлює необхідність залучення міждисциплінарних методологій, зокрема поєднання феміністичної теорії з архетипічним підходом. Застосування архетипічної моделі дозволяє виявити не лише поверхневі іконографічні характеристики, а й глибинні психокультурні структури, що визначають формування візуальних образів. Умови війни актуалізують процеси гібридизації архетипів, унаслідок чого виникають нові типи жіночих образів, які відображають складність і багатовимірність сучасного досвіду. Це, своєю чергою, відкриває можливості для переосмислення традиційних гендерних ролей і розширення меж феміністичної естетики в національному контексті. Крім того, актуальність дослідження визначається потребою осмислення візуальної культури як простору формування колективної пам'яті про війну. Жіночі образи у цьому процесі відіграють ключову роль, оскільки поєднують у собі виміри травми, турботи, спротиву та рефлексії [1, 2]. Їх аналіз дозволяє глибше зрозуміти механізми репрезентації війни, а також виявити гендеровані аспекти досвіду, які часто залишаються поза увагою.

Аналіз джерельної бази дослідження демонструє міждисциплінарний характер корпусу використаних праць, що поєднує мистецтвознавчі, культурологічні, медіа- та гендерні студії. Передусім, концептуальне підґрунтя формують роботи з теорії феміністичної естетики, яка розглядає візуальні практики крізь призму гендерної ієрархії, критики канону та репрезентації жіночого досвіду в культурі. Це дозволяє інтерпретувати візуальну культуру України у воєнний час як політично та ідеологічно навантажене поле репрезентацій та як естетичний феномен [3].

Власне український дослідницький сегмент представлений низкою актуальних наукових публікацій 2022–2025 років, які фіксують трансформацію візуальної культури в умовах повномасштабної війни. Зокрема, стаття про сакралізацію жіночого образу у воєнній графіці аналізує іконографічні та композиційні моделі репрезентації жінки – від алегоричних фігур до образу безпосередньої учасниці бойових дій [4]. Важливо, що авторка підкреслює зсув від традиційної символічної ролі «берегині» до візуалізації жіночої агентності, що прямо корелює з феміністичним дискурсом про деконструкцію гендерних ролей. Дотичною є також праця, присвячена трансформації жіночих образів-символів у сучасній культурі, яка розглядає їх як динамічні культурні коди, що реагують на соціально-політичні зміни [10]. У контексті війни це означає переосмислення фемінності як активної, резистентної та політично значущої категорії.

Такий підхід розширює класичні рамки феміністичної естетики, інтегруючи її в національно орієнтований візуальний наратив. Значний масив джерел становлять дослідження візуальної культури пам'яті та репрезентації травматичного досвіду. Зокрема, аналіз українського візуального дизайну 2022–2025 років акцентує на етичних аспектах зображення війни та механізмах формування колективної пам'яті [6]. Окрему групу становлять праці, що аналізують візуальні рамки війни у ширшому культурному контексті. Монографічні дослідження вказують на поєднання традиційних культурних кодів із сучасними медіаформами у репрезентації російсько-української війни [7]. Це створює підґрунтя для розуміння того, як феміністичні образи інтегруються у національний наратив і водночас трансформують його. Важливим компонентом джерельної бази є дослідження цифрових медіа та соціальних мереж. Зокрема, аналіз візуальної політики комунікації України демонструє системну присутність гендерованих образів – від «жертви» до «жінки-військової» та символічних фігур на кшталт «Saint Javelin» [8]. Ці візуальні типології підтверджують, що феміністична естетика у воєнному контексті функціонує як інструмент мобілізації, емпатії та легітимації боротьби. Філософсько-естетичні дослідження сучасного українського мистецтва в умовах війни акцентують на зміні самого досвіду естетичного сприйняття, де травма, опір і солідарність стають ключовими категоріями [9]. У цьому контексті феміністична естетика функціонує не лише як критичний інструмент, а як спосіб артикуляції нового чуттєвого досвіду війни. У межах дослідження феміністичної естетики у візуальній культурі воєнної України доцільним є здійснення класифікації жіночих образів на основі архетипічної моделі К. Юнга [5], що дозволяє систематизувати репрезентації не лише за іконографічними чи стилістичними ознаками, але й за глибинними психокультурними структурами. Такий підхід відповідає методології аналітичної психології, у якій архетипи розглядаються як універсальні моделі колективного несвідомого, що проявляються у символічних формах, зокрема у візуальному мистецтві.

Застосування юнгіанської типології у контексті воєнної візуальної культури України є виправданим з огляду на високу символічну насиченість жіночих образів, які функціонують як носії ідеологічних, емоційних та меморіальних значень [4; 6]. Доцільність такої класифікації зумовлена тим, що сучасна воєнна візуальна культура характеризується високим рівнем семіотичної щільності: один і той самий образ часто поєднує кілька рівнів значення – документальний, символічний, емоційний та ідеологічний. Саме тому ідентифікація архетипів здійснюється шляхом співставлення візуальних маркерів з архетипічними моделями, що передбачає аналіз не лише очевидних іконографічних елементів (наприклад, військова форма, зброя, дитина на руках), але й латентних характеристик – погляду, пози, взаємодії з простором, колористики, світлотіньових акцентів [3].

Відтак, ідентифікація архетипів здійснюється шляхом співставлення візуальних маркерів (пози, атрибути, колірні коди, композиційні рішення) з відповідними архетипічними моделями, що дозволяє уникнути суто описового аналізу та перейти до інтерпретації глибинних смислів. У сучасному українському воєнному мистецтві жіночі архетипи зазнають трансформації та активно поєднуються між собою, утворюючи нові гібридні образи. Архетип Амазонки у воєнному контексті репрезентує не лише силу й боротьбу, а й колективний спротив, що проявляється в образах жінок-військових, волонтерок і медиків. Архетип Великої Матері трансформується від традиційного образу берегині до моделі захисниці, поєднуючи турботу, опір і силу. Унаслідок цього формується один із ключових гібридних типів — «мати-воїнка», що поєднує функції захисту та боротьби. Архетип Кори у воєнному мистецтві пов'язується з темами втрати, травми та вразливості, тоді як Аніма репрезентує внутрішній психологічний вимір — пам'ять, скорботу та рефлексію. У взаємодії архетипів виникають нові образи: «жінка-пам'ять», «воїнка-свідок», «посттравматична воїнка», «травмована невинність». Такі образи відображають складність жіночого досвіду війни та поєднують у собі силу, травму, турботу й культурну пам'ять.

Висновки. Отже, класифікація феміністичних образів у візуальній культурі воєнної України на основі моделі К. Юнга є ефективним інструментом глибинного аналізу. Вона дозволяє виявити не лише зовнішні характеристики образів, а й їхні символічні та культурні значення. Жіночі репрезентації постають як динамічні гібридні утворення, сформовані через взаємодію архетипів Амазонки, Великої Матері, Кори та Аніми та відображають трансформацію гендерних ролей і підкреслюють активну суб'єктність жінки у воєнному наративі. Таким чином, архетипічний підхід

сприяє систематизації візуального матеріалу та глибшому розумінню сучасної української воєнної культури як простору смислотворення, пам'яті та опору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Г. Ю. Чемерис та М. В. Кардашов, “Деколоніальний підхід до протидії російській культурній експансії та привласненню української мистецької спадщини у вищій мистецькій освіті,” Південноукраїнські мистецькі студії, № 4, с. 49–54, 2025, doi: 10.24195/artstudies.2025-4.7.
- [2] H. Chemerys, “Feminist Aesthetics in the Visual Culture of Wartime Ukraine,” Українські студії в європейському контексті, no. 12, Kyiv, Ukraine: ГО “Інноваційні обрії України”, 2026, с. 207-215.
- [3] H. Chemerys, “Hybridization of Female Archetypes in the Space of Territorial Military Identity as a Form of Visual Soft Resistance,” Український мистецтвознавчий дискурс, № 2, 2026 рік, in print.
- [4] Y. Horichko, “Sacralisation of the female image during wartime in Ukraine and its reflection in graphic artworks,” Art and Design, no. 1, pp. 23–44, 2025, doi: 10.30857/2617-0272.2025.1.2.
- [5] C. G. Jung, “Carl Jung,” Encyclopaedia Britannica. [Online]. Available: Britannica. [Accessed: May 17, 2026].
- [6] R. Kvasnytsya, “Visual design in representing war memory in Ukraine: ethical and communicative dimensions,” Grail of Science, no. 55, pp. 751–758, 2025, doi: 10.36074/grail-of-science.22.08.2025.092.
- [7] K. Kysliuk, “Visual frames of the Russian-Ukrainian war in Ukrainian culture,” 2023, doi: 10.15587/978-617-7319-95-4.ch3.
- [8] F. B. Næsby, S. B. Meyer, and M. Humer, “Gendered icons and the war in Ukraine: the visual politics of Ukraine’s social media communication,” Cooperation and Conflict, vol. 61, no. 1, pp. 177–205, 2026, doi: 10.1177/00108367251377618.
- [9] K. Shevchuk and D. Shevchuk, “Aesthetic experience in the wartime: the role of performances and performatives,” Analele Universității din Craiova. Seria Filosofie, vol. 56, no. 2, pp. 172–186, 2025.
- [10] I. Zaspă, “The transformation of female image-symbols in the modern Ukrainian visual culture: the time of independence,” Issues in Cultural Studies, no. 40, pp. 176–184, 2022, doi: 10.31866/2410-1311.40.2022.269371.

УДК 004.42

ПРИНЦИПИ ДИЗАЙНУ ІГРОВИХ РІВНІВ У СУЧАСНИХ ВІДЕОІГРАХ

ЮРЕВИЧ І.О. (yurevych_ak24@nuwm.edu.ua)

КАШТАН С.С. (s.s.kashtan@nuwm.edu.ua)

Національний університет водного господарства та природокористування

У роботі розглянуто основні принципи дизайну ігрових рівнів у сучасних відеоіграх та їхній вплив на користувацький досвід. Розглянуто особливості організації ігрового простору, навігації, балансу складності, оповіді через оточення та емоційності рівнів. Проаналізовано роль дизайну рівнів у створенні комфортної взаємодії гравця з середовищем відеогри, підтриманні інтересу до проходження гри, передачі атмосфери та формуванні позитивного користувацького досвіду.

Вступ. У сучасному світі відеоігор дизайн рівнів є одним із ключових елементів, що має вплив на інтерактивність ситуацій та подій, проектування простору, ігрового процесу та механіки [1]. Саме завдяки дизайну рівнів користувач без перешкод може досліджувати та взаємодіяти з середовищем, формувати позитивний та незабутній користувацький досвід [2].

Постановка проблеми. Якщо не дотримуватися принципів створення, то погано розроблений рівень може негативно впливати на ігровий процес ускладненням навігації персонажа, порушенням балансу складності та концентрації гравця [3]. Крім цього, довільна побудова рівня або відсутність зрозумілих візуальних орієнтирів можуть викликати у користувача втрату інтересу до проходження відеогри. Саме тому важливо ознайомитися з основними принципами для

побудови ігрових рівнів, які забезпечують комфортну навігацію для користувача, підтримують інтерес гравця та сприяють позитивному користувацькому досвіду.

Для вирішення проблеми проаналізуємо поняття “дизайн рівнів” і розглянемо основні принципи дизайну ігрових рівнів у сучасних відеоіграх та факторів впливу на користувача.

Дизайн рівнів – це процес проектування ігрового простору, оточення та інтерактивних елементів. Ефективність втілення базових принципів дизайну рівнів у сучасних ігрових проєктах безпосередньо залежить від обраного технологічного стеку, особливості застосування якого для створення інтерактивних застосунків проаналізовано у [4]. Добре побудований рівень дає користувачу вибір та шляхи для досліджень ігрового світу та спрямовує по сюжетній лінії або до цілі [1].

Одним з важливих принципів у створенні гри є забезпечення зрозумілої навігації гравця. Це проявляється у ретельному плануванні оточення, освітлення та візуальні підказки, що допомагають користувачу краще орієнтуватися у просторі та дійти до цілі [5]. Чудовим прикладом можна навести відеогру “Stray”. Гравець орієнтується у просторі завдяки неоновим вивіскам у провулках, деталями в оточенні та розташуванню об’єктів, що дозволяють інтуїтивно спрямувати користувача у правильному напрямку.

Добре побудований рівень повинен постійно навчати новому, наприклад, вивчення нових або покращення механік, дослідження подальшої історії [5, 6]. Тому кожен новий рівень пропонує свіжий ігровий процес. Важливим принципом також є послідовне введення викликів та зростання складності. Спочатку рівні простіші та навчають як грати, далі складніші та вимагають використання одразу декількох механік [7]. Це прослідковується у грі “Super Mario”.

Також можемо виділити побудову рівнів з передачею елементів сюжету через оточення та деталі середовища. Щоб передати атмосферу гри та окремі елементи історії без використання діалогів та додаткових сцен, можуть використовуватися деталі архітектури, освітлення, розташування об’єктів та звуковий супровід. Завдяки цьому дизайн рівня стає частиною історії [8]. Для прикладу можна навести відеоігри “The Last of Us Part I” та “S.T.A.L.K.E.R. 2: Heart of Chernobyl”, де атмосфера, особливості світу та елементи сюжету передаються через архітектуру, освітлення, стан локації та деталі навколишнього середовища, що дає гравцю краще зануритися у ігровий світ.

Окрему увагу можна приділити і емоційності. Рівні у відеоіграх повинні бути такими, щоб викликати бажану емоційну реакцію гравця. Для цього використовується особлива побудова простору, освітлення та архітектури. Наприклад, техніка переходу з вузьких просторів, які можуть викликати відчуття небезпеки та паніки, до відкритих місцевостей, які показують масштаби і свободу для досліджень світу, дозволить акцентувати увагу гравця на прекрасних краєвидах, для створення відчуття дива [5, 7].

Висновки. Принципи дизайну ігрових рівнів суттєво впливають на те, як гравець сприймає процес гри та взаємодіє з її світом. Коли навігація зрозуміла, механіка вводиться поступово, а складність, емоційність та елементи оточення збалансовані – гравець не втрачає інтерес та отримує приємний досвід. Саме тому створення ігрових локацій це не просто окремий елемент, а важлива складова сучасного геймдизайну, що не тільки забезпечує функціональність відеогри, а й створює атмосферу, передає елементи сюжету та емоційно залучає гравця до гри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. “The Art of Level Design in Video Games”. SAE. Accessed on: 11.05.2026. [Online]. Available: <https://www.sae.edu/gbr/insights/the-art-of-level-design-in-video-games/>
2. C.W.Totten, “Game Levels as Works of Art, Architecture, and Design”, у Video Game Art Reader: Volume 1, edited by Funk T., Amherst, USA: Amherst College Press, 2017, pp. 11-18. Accessed on: 11.05.2026. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/10.3998/mpub.12471115.5>
3. R.Komar, “Level Design Process”, у Game Design & Development 2021, edited by Ferns S., Dublin, Ireland: Pressbooks, 2021. Accessed on: 11.05.2026. [Online]. Available: <https://ecampusontario.pressbooks.pub/gamedesigndevelopmenttextbook/chapter/level-design-process/>
4. В.М.Вальчевський та С.С.Каштан “Розробка ігрових-застосунків за допомогою мови програмування JavaScript”, у Прикладні аспекти інформаційного забезпечення та обґрунтування технічних і управлінських рішень: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції

студентів та молодих науковців, Рівне, Україна, 16 травня 2017. Рівне, Україна: РДГУ, 2017. С.84-85. Дата звернення: 10.05.2026. [Онлайн]. Доступно: <http://repository.rshu.edu.ua/id/eprint/5937/>

5. D.Taylor. "Ten Principles of Good Level Design (Part 1)". Game Developer. Accessed on: 11.05.2026. [Online]. Available: <https://www.gamedeveloper.com/design/ten-principles-of-good-level-design-part-1-/>

6. R.Houser and S.DeLoach, "Learning from Games: Seven Principles of Effective Design", Technical Communication, Volume 45, №3, August 1998, pp. 319-329. Accessed on: 11.05.2026. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/43088524>

7. Y.Ma. "10 Principles for Game Level Design". Medium. Accessed on: 11.05.2026. [Online]. Available: <https://better-question.medium.com/10-principles-for-game-level-design-337c6c966bb0/>

8. B.Dolinski. "Environmental Storytelling in Video Games". Game Design Skills. Accessed on: 11.05.2026. [Online]. Available: <https://gamedesignskills.com/game-design/environmental-storytelling/>

Розділ 6.

Штучний інтелект і машинне навчання в ігрових системах (ігровий штучний інтелект, процедурна генерація контенту, адаптивна складність ігор, AI як ігровий наративний інструмент)

UDC 004.89:159.9

APPLICATION OF CHATBOTS IN PRIMARY PSYCHOLOGICAL DIAGNOSTICS: POSSIBILITIES AND LIMITATIONS

DZIUMENKO H.D. (heorhiidziumenko@gmail.com),

TERENCHUK A.T. (anateren59@gmail.com)

Vinnitsia National Technical University

This paper examines the application of chatbots in primary psychological diagnostics and support. The study analyzes existing chatbot systems, identifies their capabilities in screening mental health conditions, and outlines key limitations related to diagnostic accuracy, ethical concerns, and clinical validity. A web-oriented chat system architecture for psychological diagnostics is proposed, and its potential benefits and constraints are discussed.

Introduction. Mental health issues represent a growing global challenge, with millions of people lacking access to timely psychological assistance. The rapid development of artificial intelligence and natural language processing technologies has created new opportunities for automated psychological support systems. Chatbots – software agents capable of conducting text-based dialogue – are increasingly being considered as tools for primary psychological diagnostics and emotional support [1]. However, deploying such systems raises critical questions about their effectiveness, ethical compliance, and integration into clinical practice.

Problem Statement. Despite the growing body of research on AI-powered mental health tools, there remains a significant gap in understanding the precise scope within which chatbots can reliably operate in a diagnostic context. This work aims to systematically assess the capabilities and limitations of chatbots employed in primary psychological diagnostics, and to propose a framework for their responsible integration into web-based support systems.

Capabilities of Chatbots in Psychological Diagnostics. Chatbots offer several notable advantages in the context of primary psychological screening. First, they ensure round-the-clock availability, removing temporal barriers to accessing mental health resources. Second, the perceived anonymity of interacting with an automated system may reduce stigma and encourage users to disclose symptoms they might conceal from human clinicians [2]. Third, chatbots can systematically administer standardized psychometric instruments, such as the Patient Health Questionnaire (PHQ-9) for depression or the Generalized Anxiety Disorder scale (GAD-7), ensuring consistent and reproducible data collection. Fourth, rule-based and machine-learning-driven dialogue systems can detect linguistic markers associated with psychological distress, enabling early identification of at-risk individuals. Fifth, scalability allows a single system to serve large populations simultaneously, which is particularly relevant for resource-limited settings.

Limitations and Risks. Notwithstanding these advantages, several fundamental limitations constrain the diagnostic role of chatbots. Clinical diagnosis requires holistic assessment that encompasses non-verbal cues, personal history, and contextual factors that text-based systems cannot adequately capture. Natural language processing models may misinterpret idiomatic expressions, cultural nuances, or

ambiguous statements, leading to false positives or false negatives in screening outcomes [3]. Privacy and data security remain paramount concerns, as the collection and storage of sensitive psychological data must comply with applicable regulations such as the General Data Protection Regulation (GDPR). Furthermore, over-reliance on chatbot assessments without subsequent professional review poses a risk of undertreatment or inappropriate referral. Ethical issues, including informed consent, transparency of algorithmic decision-making, and accountability in crisis situations, require careful governance frameworks.

Proposed Web-Oriented Architecture. The proposed chat system integrates a conversational module based on a large language model (LLM) with a structured diagnostic subsystem. The diagnostic subsystem administers validated psychometric scales and computes composite risk scores according to the formula:

$$R = \Sigma (w_i \cdot s_i) / S_{\max} \quad (1)$$

where R is the normalized risk index ($\in [0, 1]$), w_i are item weights derived from clinical validation studies, s_i are the individual item scores, and $S_{\max}$ is the maximum achievable score on the instrument. Values of $R \geq 0.6$ trigger an automated recommendation to seek professional consultation.

The architecture is designed with a modular microservice approach, separating the dialogue engine, the psychometric assessment module, and the data storage layer, thereby facilitating compliance with data protection requirements.

Results and Discussion. Analysis of existing solutions, including Woebot, Wysa, and MindDoc, demonstrates that current chatbot-based systems are most effective as supplementary screening and psychoeducation tools rather than standalone diagnostic instruments [4]. The proposed system architecture addresses identified limitations by incorporating mandatory professional oversight, transparent risk communication to the user, and strict data minimization principles. Pilot testing of the dialogue module on a sample of $n = 47$ participants indicated a sensitivity of 0.79 and specificity of 0.82 for detecting moderate-to-severe depression symptoms in comparison with clinician-administered PHQ-9 assessments.

Conclusions. Chatbots represent a promising adjunct to traditional psychological services, particularly for primary screening, psychoeducation, and the facilitation of early help-seeking behavior. Nevertheless, their deployment must be governed by rigorous ethical standards, clinical validation protocols, and clear delineation of the boundary between automated support and professional diagnosis. The web-oriented chat system proposed in this study demonstrates how a carefully designed architecture can balance accessibility with clinical responsibility. Future work will focus on longitudinal validation, multilingual adaptation, and integration with electronic health record systems.

REFERENCES

- [1] T. Ly, N. Ly, and M. Andersson, "A fully automated conversational agent for promoting mental well-being: A pilot RCT using mixed methods," *Internet Interventions*, vol. 10, pp. 39–50, 2017.
- [2] K. K. Fitzpatrick, A. Darcy, and M. Vierhile, "Delivering cognitive behavior therapy to young adults with symptoms of depression and anxiety using a fully automated conversational agent (Woebot): A randomized controlled trial," *JMIR Mental Health*, vol. 4, no. 2, p. e19, 2017.
- [3] L. Abd-Alrazaq, M. Alajlani, A. Ali, et al., "Perceptions and opinions of patients about mental health chatbots: Scoping review," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 23, no. 1, p. e17828, 2021.
- [4] World Health Organization, "World Mental Health Report: Transforming Mental Health for All," WHO, Geneva, 2022. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049338> (Accessed: April 16, 2026).

USE OF IMAGE RECOGNITION FOR ANIMAL IDENTIFICATION IN WEB SYSTEMS

KARPENKO O.V. (karpx1408@gmail.com), TERENCECHUK A.T. (anateren59@gmail.com)

Vinnytsia National Technical University

Abstract. This paper addresses the problem of automated animal identification in web-based shelter management systems using image recognition technologies. The study examines deep convolutional neural network architectures, feature extraction methods, and similarity search algorithms applicable to animal matching tasks. The proposed approach enables reliable identification of stray and lost animals from photographs submitted by users, supporting more efficient adoption and reunion workflows.

Introduction. The growing number of stray and lost animals creates a significant social challenge. Shelter web platforms that rely solely on manual description-based search are inefficient, as text attributes such as breed, color, and markings are inherently imprecise. Automated image recognition offers a more robust alternative, enabling the system to match an uploaded photograph of an animal against a database of registered individuals without requiring exact textual queries from the user.

Related work. Recent advances in deep learning have produced several architectures well suited to animal re-identification. Convolutional neural networks (CNNs) such as ResNet [1] and EfficientNet achieve state-of-the-art accuracy on fine-grained visual recognition benchmarks. Siamese networks [2] trained with contrastive or triplet loss are particularly effective when the number of identity classes is large or changes dynamically, as is the case in a live shelter database. Metric-learning approaches produce compact embedding vectors that encode visual identity and support efficient nearest-neighbor retrieval.

Proposed method. The identification pipeline consists of three stages. First, a detection module based on a lightweight object detector locates the animal within the uploaded image and crops the region of interest. Second, an embedding network maps the cropped image to a 256-dimensional feature vector in a metric space. The network is fine-tuned on a curated dataset of labeled animal photographs using triplet loss, defined as

$$L = \max(d(a, p) - d(a, n) + \alpha, 0) \quad (1)$$

where a is an anchor embedding, p is a positive (same identity) embedding, n is a negative (different identity) embedding, $d(\cdot, \cdot)$ denotes the Euclidean distance, and α is the margin hyperparameter.

Third, the query embedding is compared against all stored embeddings using approximate nearest-neighbor search, returning the top- k candidate matches ranked by distance.

Experimental results. Experiments were conducted on a dataset of 4 200 photographs covering 620 individual dogs and cats collected from Ukrainian shelter registries. The model achieved a top-1 identification accuracy of 87.3 % and a top-5 accuracy of 96.1 % on the hold-out test set. Retrieval latency for a single query against a database of 10 000 embeddings was below 45 ms on commodity server hardware, satisfying the real-time requirement of the web platform. The embedding storage footprint is approximately 1 kB per animal, making the approach scalable to large national databases.

Integration architecture. The recognition service is exposed as a RESTful API endpoint that accepts a multipart image upload and returns a JSON response containing ranked candidate identifiers and confidence scores. The web platform calls this endpoint asynchronously upon photo submission, presenting results to shelter staff within the same page session. User-submitted images are stored in a cloud object store, while embeddings reside in a dedicated vector database, keeping the two concerns decoupled and independently scalable [3].

Conclusions. The paper demonstrates that metric-learning-based image recognition can be successfully applied to animal identification in web shelter systems. The triplet-loss embedding approach provides high accuracy and low latency, and integrates cleanly with a REST-based web architecture. Future work will explore data augmentation strategies to handle low-quality mobile photographs and extend support to additional species. The proposed platform component directly supports the broader goal of reducing the number of unclaimed animals by accelerating matching between lost pets and shelter records [4].

REFERENCES

- [1] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep residual learning for image recognition," in *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 770–778.
- [2] G. Koch, R. Zemel, and R. Salakhutdinov, "Siamese neural networks for one-shot image recognition," in *Proc. ICML Deep Learning Workshop*, Lille, France, 2015, vol. 2.
- [3] M. Douze, A. Guzhva, C. Deng, et al., "Faiss: A library for efficient similarity search," *The Journal of Machine Learning Research*, vol. 25, no. 1, pp. 1532–1536, 2024. [Online]. Available: <https://jmlr.org/papers/v25/23-0329.html> (Accessed: April 16, 2026).
- [4] PetFinder Foundation, "Animal shelter technology trends 2023," PetFinder Foundation, 2023. [Online]. Available: <https://www.petfinder.com/pro/resources/technology-trends-2023/> (Accessed: April 16, 2026).

УДК 004.8:37.091.3:316.77

AI TOOLS AS A MEANS OF DEVELOPING ANALYTICAL SKILLS IN STUDENTS MAJORING IN «PUBLIC COMMUNICATIONS»

H.KUCHAKOVSKA(h.kuchakovska@kubg.edu.ua)

Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University

This article examines the use of artificial intelligence (AI) tools as a means of developing analytical skills among students majoring in «Public Communications». It justifies the feasibility of integrating AI into the educational process, taking into account digitalization and the growing role of data in the communications sector. The main areas of AI application are examined, including media content analysis, public opinion research, and data processing. It is determined that AI contributes to the development of critical thinking, media literacy, and the ability to evaluate information. Approaches to implementing AI in education are outlined, and potential risks associated with its use are identified.

Introduction

The current stage of development of the information society is characterized by the active integration of artificial intelligence (AI) technologies into all spheres of human activity, particularly higher education. A synthesis of research findings indicates that AI tools contribute to the development of key 21st-century competencies, including critical thinking, analytical abilities, and information processing skills. At the same time, researchers emphasize the dual nature of AI's impact: on the one hand, it enhances learning effectiveness, while on the other, it can lead to a decline in independent thinking when used uncritically [1, 2, 3].

For students majoring in «Public Communications» the development of analytical thinking is particularly important, as their professional activities involve the analysis of information flows, media content, and social processes.

The purpose of this article is to investigate the role of artificial intelligence tools in developing analytical skills among students majoring in «Public Communications» and to identify the pedagogical conditions for their effective use.

Main material

An analysis of current academic literature shows that AI tools (natural language processing systems, analytical platforms, generative models) open up new opportunities for developing students' analytical skills. They not only provide access to large datasets but also create conditions for their in-depth structural analysis, the identification of patterns, and the prediction of social processes. In particular, empirical studies in the field of mass communications demonstrate that the use of AI in media content analysis significantly enhances students' ability to interpret information and critically evaluate messages [4].

An important aspect is the integration of AI into teaching practices, which transforms traditional approaches to the development of analytical skills. The use of AI in the educational process enables the implementation of the following approaches:

- problem-based learning, in which students apply AI to analyze real-world cases (e.g., research on information campaigns or disinformation), which stimulates in-depth analysis, comparison, and synthesis of data;
- adaptive learning, which is based on machine learning algorithms and allows for the creation of individualized educational pathways, taking into account the student's level of analytical proficiency;
- interactive analytics, which involves the use of digital tools for data visualization, modeling communication processes, and data-driven decision-making.

According to the results of systematic reviews, AI tools contribute to the development of higher-order cognitive skills, particularly analysis, evaluation, and argumentation, which are components of analytical thinking [3, 5]. This is particularly evident in media education, where AI helps students identify manipulative techniques, assess the reliability of sources, and form their own well-founded conclusions [6, 7].

Furthermore, AI serves as a tool for developing media literacy and digital literacy, which are integral components of professional training for public communication specialists. Research shows that integrating AI into media education programs helps develop skills in critically analyzing media texts, understanding the algorithmic mechanisms of information dissemination, and ethically evaluating digital content [8, 9].

Special attention should be paid to the development of metacognitive skills, which enable students to become aware of their own analytical processes. AI systems can provide feedback, hints, and alternative approaches to problem-solving, thereby stimulating reflection and self-correction [10]. This is particularly important in training professionals in the field of communication, where the ability to independently analyze information and make informed decisions plays a significant role.

At the same time, alongside the benefits, researchers emphasize the risks of excessive automation of analytical activities. In particular, the use of AI can lead to a decline in independent thinking, the development of dependence on algorithms, and a superficial perception of information. In this context, the development of AI literacy – which includes understanding the principles of how algorithms work, their limitations, and potential biases – becomes particularly important [11].

For students majoring in «Public Communications» the application of AI is particularly relevant in the following areas:

- media content analysis (detecting fake news, analyzing text tone, studying narratives);
- public opinion research (analysis of social media, surveys, and big data);
- social data processing (using AI to identify trends and patterns in communication processes);
- modeling communication strategies (predicting the effectiveness of information campaigns, audience segmentation).

Conclusions

Thus, artificial intelligence tools are a powerful means of developing students' analytical skills, particularly in the field of public communications. They contribute to the development of critical thinking, data literacy, and the ability to conduct comprehensive analysis of information.

At the same time, the effectiveness of their use depends on pedagogical support and students' level of digital literacy. A promising direction for further research is the development of methods for integrating AI into educational programs with an emphasis on developing analytical thinking and preventing negative cognitive effects.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] R. Melisa et al., «Critical Thinking in the Age of AI: A Systematic Review of AI's Effects on Higher Education» Educational Process, 2025. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1459623.pdf>.
- [2] K. Szmyd and E. Mitera, «The Impact of Artificial Intelligence on Critical Thinking Skills» European Research Studies Journal, 2024. <https://ersj.eu/journal/3876/download/The+Impact+of+Artificial+Intelligence+on+the+Development+of+Critical+Thinking+Skills+in+Students.pdf>.

- [3] M. Ilgun Dibek and M. Sahin Kursad, «Influence of Artificial Intelligence Tools on Higher Order Thinking Skills» Interactive Learning Environments, 2025. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10494820.2024.2402028>.
- [4] N. Elgammal, H. E. Fawzy, and B. A. E. Elballat, «The impact of using AI tools in enhancing the analytical skills of mass communication students: a quasi-experimental study» Frontiers in Education, 2026.
- [5] I. Celik, E. Gedrimiene, and S. Siklander, «AI-Based Tools for Supporting 21st-Century Skills» Australasian Journal of Educational Technology, 2024. <https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/9069>.
- [6] T. H. C. Chiang, C. S. Liao, and W. C. Wang, «Impact of artificial intelligence news source credibility identification system on effectiveness of media literacy education» Sustainability, vol. 14, no. 8, 2022. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/8/4830>.
- [7] M. W. Ndungu, «Integrating basic artificial intelligence literacy into media and information literacy programs in higher education» Journal of Information Literacy, 2024. <https://journals.cilip.org.uk/jil/article/view/690>.
- [8] A. Hristovska, «Fostering media literacy in the age of AI: Examining the impact on digital citizenship and ethical decision-making» Kairos: Media and Communication Review, 2023.
- [9] A. B. Oliveira, F. Cardoso, and M. Salaberri, «AI and media literacy integration in education: Supporting digital transformation» in Proc. ICERI, 2024. <https://library.iated.org/view/OLIVEIRA2024AIA?re=downloadnotallowed>.
- [10] N. Mazari, «Building Metacognitive Skills Using AI Tools» Revista Humanismo y Sociedad, 2025. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10068132.pdf>.
- [11] O. Seker, K. Kwon, and O. Kocak, «Exploring artificial intelligence literacy: The mediating role of digital literacy and data literacy» Information Development, 2025.

UDC: 004.8:004.42:81'25

ARCHITECTURE OF AN LLM-ASSISTED GAME LOCALIZATION PIPELINE WITH CONTEXTUAL RAG AND BATCH PROCESSING

MATVIEIEV A.O., MATVIEIEV M.O. (fordpmtvma@gmail.com, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine; Matvieiev Maksym Olehovich, e-mail: fordpmtvmm@gmail.com, Pryazovskyi State Technical University, Ukraine)

This work presents a conceptual framework of an LLM-assisted system for game localization tasks.. The proposed pipeline combines retrieval-augmented generation (RAG) with batch-based processing of game textual assets, aiming to enhance contextual stability, translation coherence, and system scalability. In contrast to conventional machine translation approaches, the proposed approach leverages structured external knowledge sources such as glossaries, narrative summaries, and character metadata. The system is analyzed in terms of processing flow, architectural components, and comparative performance against conventional translation methods

Game localization has evolved from a simple linguistic translation task into a complex multidisciplinary process involving narrative preservation, terminology consistency, and adaptation to interactive environments. Modern video games often contain fragmented dialogue systems, non-linear storytelling structures, and context-dependent expressions, which significantly complicate traditional translation workflows. The study addresses the following tasks: analysis of limitations in existing game localization approaches with respect to contextual consistency; development of a structured pipeline for processing fragmented game text data; integration of retrieval-augmented generation (RAG) for improving translation coherence; implementation of batch-oriented processing to optimize computational efficiency; evaluation of system scalability across different game project sizes.

Conventional machine translation systems struggle with maintaining coherence across distributed text fragments due to limited contextual awareness. In contrast, recent advances in large language models (LLMs)[1] and retrieval-augmented generation (RAG) techniques allow external knowledge to be dynamically integrated during inference [2], improving contextual grounding and output consistency. The integration of such technologies forms the basis of the proposed localization pipeline.

The system is organized as a modular processing pipeline that converts raw game assets into localized results through a sequence of interconnected stages. The overall system architecture is shown in (Fig. 1).



Fig. 1 – UML component diagram of the LLM-assisted game localization pipeline with RAG-based context management

Initially, game scripts and resources are extracted from engine-specific formats and converted into structured textual representations suitable for processing. These inputs are then enriched through a contextual knowledge layer based on retrieval-augmented generation, which retrieves relevant information from external knowledge sources such as character descriptions, storyline context, and terminology definitions.

The enriched data is subsequently divided into smaller processing units in order to accommodate context window limitations of LLMs and to improve computational efficiency. Each unit is processed by a language model guided by structured prompts that incorporate retrieved contextual information. After translation, the system reconstructs the original structure of the game scripts, ensuring that logical relationships and formatting constraints are preserved.

Finally, a validation stage is applied to ensure structural integrity and correctness of dynamic variables, such as placeholders and formatting tokens, while also verifying terminological consistency across the entire dataset.

To evaluate the effectiveness of the proposed approach, it is useful to compare it against existing translation methodologies. Traditional human translation provides high contextual accuracy but suffers from low scalability and high cost. Statistical machine translation systems offer high speed but generally lack deep contextual understanding, often leading to inconsistent terminology usage. Standard LLM-based translation improves fluency but may still fail in maintaining global consistency when processing fragmented inputs[3]. Existing approaches exhibit fundamental trade-offs between scalability, contextual understanding, and consistency. Rule-based and statistical methods provide high throughput but limited semantic awareness, while standard language model-based approaches improve fluency but lack global contextual stability across fragmented inputs.

The integration of RAG into LLM-based pipelines addresses these limitations by enabling access to structured external knowledge during generation. This substantially enhances contextual alignment while reducing inconsistencies across distributed text segments. The comparative evaluation of translation methods is shown in Table 1.

Batch-based processing is a central element of the proposed LLM-assisted localization pipeline, as it directly influences both system performance and translation quality. Owing to the limited context window of large language models, game scripts must be segmented into smaller logical units prior to processing. The number of resulting batches depends on the total volume and structural complexity of the game content.

Table 1 – Comparative analysis of translation approaches in game localization systems

Method	Speed	Context Awareness	Consistency
Human Translation	Low	High	High
Machine Translation	High	Low	Medium
LLM without RAG	Medium	Medium	Medium
LLM + RAG Pipeline	Medium	High	High

A comparative analysis of different project scales shows that small independent games typically require approximately 10 to 50 batches, while medium-sized projects range between 50 and 200 batches. Large narrative-driven or AAA-level games may exceed 200 to 1000 batches due to extensive dialogue trees and highly dense textual content. The estimated number of processing batches depending on game scale is presented in Table 2.

Table 2 – Relation of game scale and batch count

Game Scale	Approx. Text Size	Estimated Number of Batches
Small indie game	5k–20k lines	10–50
Mid-size game	20k–100k lines	50–200
AAA narrative game	100k–500k+ lines	200–1000+

From an analytical perspective, batch size introduces a trade-off between computational efficiency and contextual accuracy. Smaller batches improve semantic consistency by reducing information overload per request, but increase orchestration overhead due to a higher number of processing iterations. Larger batches, on the other hand, improve throughput and reduce processing overhead, but may lead to reduced contextual alignment, especially in dialogue-heavy or narrative-dependent scenarios.

In comparison to traditional translation pipelines, the proposed LLM + RAG-based system shifts the bottleneck from raw translation speed to context management and batch optimization. This allows for more flexible scaling strategies depending on the structure of the target game and the limitations of the underlying language model.

The proposed architecture demonstrates that combining LLM-based translation with retrieval-augmented contextual systems significantly improves the reliability of game localization workflows. The modular structure enables adaptation across different game engines and supports scalable processing of large datasets.

Unlike traditional translation pipelines, the proposed system maintains a persistent contextual layer that reduces ambiguity and improves consistency across distributed dialogue structures. This makes it particularly suitable for modern narrative-driven games with complex branching storylines.

Despite the advantages of the proposed approach, several limitations remain. The effectiveness of the pipeline is strongly dependent on the quality and completeness of the external contextual database, as insufficient or outdated information may reduce translation accuracy. In addition, batch segmentation introduces a dependency on optimal chunk sizing, which may vary depending on narrative structure and engine-specific constraints.

From an implementation perspective, further optimization is required to reduce latency introduced by retrieval operations and multi-stage processing. Future improvements may include adaptive batch sizing based on dialogue complexity, as well as dynamic updating of contextual memory during processing.

The proposed architecture has practical applicability in modern game development pipelines, particularly for narrative-driven and open-world games where textual consistency and contextual alignment are critical. Integration with game engines at the asset pipeline level may further enhance automation of localization workflows and reduce manual post-editing effort. An additional critical component of the proposed pipeline is quality assurance during post-processing. This stage ensures structural integrity of localized assets, including validation of placeholders, formatting tokens, and engine-specific variables. Special attention is given to maintaining consistency of terminology across distributed dialogue segments, which is essential for preserving narrative coherence in interactive

environments. This verification layer reduces the risk of semantic drift and formatting corruption during large-scale batch reconstruction.

This study presents a structured LLM-assisted localization pipeline incorporating retrieval-augmented context management and batch processing techniques. The proposed architecture enhances translation consistency, scalability, and contextual awareness in game localization tasks. Future research may focus on dynamic expansion of contextual databases and integration with real-time engine-level localization tools.

REFERENCES

- [1] P. Lewis et al., “Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks,” NeurIPS, 2020.
- [2] T. Brown et al., “Language Models are Few-Shot Learners,” NeurIPS, 2020.
- [3] A. Vaswani et al., “Attention Is All You Need,” NeurIPS, 2017.

UDC 004.7:005.334

ANALYTICAL TOOLS FOR MONITORING HUMANITARIAN AID FLOWS IN CRISIS SITUATIONS

MILETSKIY M.V. (restar2801@gmail.com), TERENCECHUK A.T. (anateren59@gmail.com)
Vinnytsia National Technical University

This paper examines analytical tools designed for real-time monitoring of humanitarian aid flows during emergency situations. Key approaches including GIS-based visualization, data aggregation platforms, predictive analytics, and blockchain-based traceability are reviewed. The study highlights how these tools improve coordination efficiency, reduce duplication of efforts, and enhance decision-making for humanitarian organizations operating in crisis environments.

Problem statement. Humanitarian crises require rapid, coordinated responses from numerous actors including governments, NGOs, and international organizations. The lack of integrated analytical tools for monitoring aid flows leads to resource duplication, inefficient distribution, and gaps in coverage. According to the UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), coordination failures account for up to 30% of aid inefficiency in complex emergencies [1]. This necessitates the development of dedicated analytical platforms that aggregate, process, and visualize data on humanitarian flows in near real-time.

Solved tasks. The research addressed the following tasks: analysis of existing monitoring frameworks used by humanitarian organizations; classification of analytical tools by functional purpose; evaluation of data integration methods for heterogeneous sources; and formulation of requirements for a unified monitoring platform.

Research content. Monitoring humanitarian aid flows requires integration of multiple data types: logistics records, population displacement data, needs assessments, and supply chain information. Geographic Information Systems (GIS) are widely used to visualize spatial distribution of aid and identify underserved areas. Platforms such as HDX (Humanitarian Data Exchange) provide open data repositories that can be queried through APIs, enabling automated data pipelines [2].

A key analytical challenge is the aggregation of data from disparate sources with differing formats and update frequencies. ETL (Extract, Transform, Load) pipelines combined with standardized data schemas – such as IATI (International Aid Transparency Initiative) – enable interoperability between organizational systems. The proposed platform architecture incorporates a multi-layer data model, where raw input from field teams is normalized through schema-matching algorithms before storage.

Predictive analytics methods, including time-series forecasting based on ARIMA models and machine learning classifiers, allow anticipation of aid demand spikes based on early warning indicators. A demand prediction model can be expressed as (1):

$$D(t+1) = f(D(t), I(t), C(t)) \quad (1)$$

where $D(t)$ – is the aid demand at time t , $I(t)$ – represents impact indicators (displacement rate, infrastructure damage index), and $C(t)$ – denotes contextual variables (conflict intensity, weather conditions).

Such models enable proactive pre-positioning of supplies, reducing response time by an estimated 18–25% [3].

Blockchain-based traceability provides an immutable audit trail for aid disbursements, reducing fraud and improving donor accountability. Smart contracts automate release of funds upon verified delivery, using IoT sensor data as triggers. This approach has been piloted in several humanitarian programs and demonstrated a 40% reduction in diversion of goods [4].

Dashboard interfaces integrating the above components present aggregated indicators through interactive maps, time-series charts, and alert systems. Role-based access control ensures that field coordinators, logistics managers, and policy analysts each receive contextually relevant views of the data. The system supports both web and mobile access, critical for operations in low-bandwidth environments.

Conclusions. The analysis demonstrates that effective monitoring of humanitarian aid flows requires a combination of GIS visualization, standardized data pipelines, predictive modeling, and blockchain traceability. The integration of these tools into a unified platform significantly improves coordination efficiency and resource allocation in crisis situations. Future work will focus on the implementation and validation of such a platform through pilot deployments in active emergency scenarios.

REFERENCES

- [1] United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Global Humanitarian Overview 2023. Geneva: OCHA, 2023.
- [2] Humanitarian Data Exchange (HDX), "About HDX," OCHA Centre for Humanitarian Data. [Online]. Available: <https://data.humdata.org/about> (Accessed: April 16, 2026).
- [3] P. Tatham and G. Kovacs, "The application of 'swift trust' to humanitarian logistics," International Journal of Production Economics, vol. 126, no. 1, pp. 35–45, 2010.
- [4] World Food Programme, "Building Blocks: Blockchain for Zero Hunger." [Online]. Available: <https://www.wfp.org/publications/building-blocks-blockchain-zero-hunger> (Accessed: April 16, 2026).

UDC 004.932.2

METHODS FOR REDUCING FALSE ALARMS IN AUTOMATED TERRITORY PROTECTION SYSTEMS

SHEVCHUK A.O. (artemshewchukvntu@gmail.com), ROMANYUK O.N. (rom8591@gmail.com)
Vinnytsia National Technical University

The paper addresses the problem of high false alarm rates in automated territory protection systems based on computer vision and sensor fusion. Methods for improving detection accuracy are analyzed, including adaptive background subtraction, multi-sensor data fusion, machine learning-based object classification, and contextual filtering. The proposed approach reduces false alarm rates by up to 60% while maintaining high detection sensitivity. Experimental results confirm the effectiveness of the developed methods under varying environmental conditions.

Introduction. Modern automated territory protection systems rely on continuous video surveillance, motion detection, and sensor-based alerting to prevent unauthorized access and detect security threats. Despite significant advances in hardware and algorithms, false alarms – alerts triggered by non-threatening events such as animals, weather phenomena, or lighting changes – remain a critical challenge. High false alarm rates reduce operator trust, cause alert fatigue, and increase operational costs.

Addressing this problem requires a systematic approach combining signal processing, machine learning, and multi-sensor fusion.

Problem Statement. Let a territory protection system process a stream of observations from N heterogeneous sensors. The system must decide at each time step t whether an observed event e_t belongs to the class of true alarms T or false alarms F . A false negative (missed detection) and a false positive (false alarm) both carry costs; however, in practice the false alarm rate $FAR = FP / (FP + TN)$ often exceeds acceptable thresholds due to environmental variability. The research objective is to develop and evaluate methods that minimize FAR while keeping the miss rate $MR \leq 0.05$.

Methods. Four principal methods were investigated. (1) Adaptive background subtraction with temporal smoothing: the background model $B(x, y, t)$ is updated using an exponential moving average with learning rate α , which adapts to gradual illumination changes and suppresses pixel-level noise. (2) Multi-sensor data fusion: readings from passive infrared (PIR), microwave Doppler, and video sensors are combined using a Dempster–Shafer evidence framework, where each source contributes a belief mass m_i to the joint hypothesis space. (3) Convolutional neural network (CNN) classification: a lightweight MobileNetV2-based classifier is applied to detected regions of interest to distinguish human silhouettes from background clutter, animals, and moving vegetation with an accuracy of 97.3% on the validation set. (4) Contextual and temporal filtering: a sliding-window consistency check requires that M out of W consecutive frames confirm the detection before an alarm is raised, effectively eliminating isolated spurious detections caused by sensor transients.

Experimental Results. Experiments were conducted on a dataset of 120 hours of multi-sensor recordings from an outdoor perimeter, including day, night, rain, and strong-wind scenarios. Baseline performance of a threshold-based motion detector yielded $FAR = 0.42$ alarms per hour. After applying the proposed pipeline, FAR was reduced to 0.17 alarms per hour (–60%), and the detection rate DR remained above 0.96. The CNN classifier alone contributed a 35% FAR reduction; contextual filtering added a further 15% reduction with negligible latency overhead (≤ 25 ms per frame on an NVIDIA Jetson Nano).

Conclusions. The study demonstrates that integrating adaptive background modelling, Dempster–Shafer sensor fusion, CNN-based classification, and temporal consistency filtering yields a robust, computationally efficient pipeline for false alarm reduction in automated territory protection systems. The method is hardware-agnostic and can be deployed on edge devices with limited resources. Future work will focus on federated learning across distributed sensor nodes to improve model generalization without transmitting raw data.

REFERENCES

- [1] C. Stauffer and W. E. L. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR), Fort Collins, CO, USA, 1999, pp. 246–252.
- [2] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov, and L.-C. Chen, "MobileNetV2: Inverted residuals and linear bottlenecks," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR), Salt Lake City, UT, USA, 2018, pp. 4510–4520.
- [3] G. Shafer, A Mathematical Theory of Evidence. Princeton, NJ, USA: Princeton Univ. Press, 1976.
- [4] NVIDIA, "Jetson Nano developer kit," NVIDIA Corporation, Santa Clara, CA, USA. [Online]. Available: <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit> (Accessed: April 16, 2026).

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА МАШИННЕ НАВЧАННЯ В ІГРОВИХ СИСТЕМАХ, ВІД АДАПТИВНОГО ГЕЙМПЛЕЮ ДО ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ СВІТІВ

БОЛТАЧ С. В., ЄНГАЛИЧЕВА А.С.

(boltach.svetlana@gmail.com, anutave18@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет (Україна)

У тезах проаналізовано трансформацію архітектури ігрових систем під впливом інтеграції алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання. Розглянуто процедурну генерацію контенту та адаптивну складність як інструменти оптимізації ігрового досвіду та управління динамічними масивами даних. Досліджено механізми впливу нейромережесих моделей на нелінійність ігрового наративу та інтерактивну взаємодію користувача з віртуальним середовищем. Визначено роль автоматизованих систем модерації та генерації у формуванні нових стандартів безпеки та персоналізації цифрового контенту в режимі реального часу.

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) у ХХІ столітті стрімко змінив архітектуру сучасних ігрових систем. Якщо ранні етапи розвитку індустрії обмежувалися використанням структурно запрограмованих алгоритмів (скриптів), то сучасний медіапростір базується на динамічних моделях, здатних до самонавчання. ШІ в іграх перестав бути лише інструментом створення суперників, перетворившись на базовий засіб проєктування ігрового досвіду, автоматизації контенту та персоналізації наративу [2].

У тезах наведені дані дослідження, присвяченого аналізу методів інтеграції нейронних мереж у механіки процедурної генерації контенту (PCG). Розглядається механізм впливу систем адаптивної складності (DDA) на рівень залученості користувачів та їхній психологічний стан [7]. Крім того, виявлено та систематизовано ключові загрози та переваги використання великих мовних моделей (LLM), як інструментів створення нелінійних ігрових сюжетів у реальному часі.

Сучасні ігрові системи активно інтегрують елементи процедурної генерації, перетворюючи створення контенту на динамічний процес. Використання методів глибокого навчання, зокрема генеративно-змагальних мереж (GAN), дозволяє медіа-проектам автоматизувати створення текстур, ландшафтів та складних рівнів. Це не лише утримує увагу аудиторії через унікальність кожного проходження, а й формує нові практики розробки ПЗ. У результаті ШІ виступає як інструмент підвищення конкурентної переваги, проте він також актуалізує питання контролю якості та передбачуваності ігрових механік [5].

Ігровий ШІ еволюціонував від локальних систем пошуку шляху до глобальних агентів на основі навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning). Агенти в популярних іграх формують складну екосистему взаємодії, де неігрові персонажі (NPC) здатні аналізувати стратегію гравця та адаптуватися до неї в реальному часі. Важливим технічним аспектом функціонування цієї індустрії є забезпечення балансу між складністю алгоритмів та обчислювальною потужністю систем [6].

Ключовим інструментом персоналізації ігрового досвіду стали системи адаптивної складності. Статистичні показники підтверджують масштабність цього явища: використання МН для моніторингу навичок гравця дозволяє забезпечувати високий рівень інтерактивності, не допускаючи стану невиправданих очікувань або нудьги [1]. На відміну від класичних алгоритмів, адаптивний ШІ забезпечує динамічне регулювання масивів контенту, дозволяючи гравцям безпосередньо впливати на складність середовища. Разом із цим виникають нові виклики у сфері ігрової етики та автоматизованого модераторства контенту за допомогою ШІ [4].

Ігрові механіки, що базуються на нейромережесих наративних інструментах, стимулюють активність користувачів через створення унікальних діалогових систем. Гейміфікація наративу дозволяє розширювати межі взаємодії, від розважальної до освітньої, проте її розвиток має супроводжуватися вдосконаленням протоколів безпеки даних та фільтрації згенерованого контенту [3].

Штучний інтелект та машинне навчання трансформують сучасні ігрові системи, виступаючи не лише розвагою, а й складним майданчиком для випробування передових ІТ-рішень.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка методів автоматизованої генерації сюжетних ліній та захисту персональних профілів гравців.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Unity Technologies, “AI and Machine Learning in Gaming: Trends for 2024,” 2024. [Online]. Available: <https://unity.com/reports/ai-gaming-trends>
- [2] G. N. Yannakakis and J. Togelius, Artificial Intelligence and Games. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2018.
- [3] E. Short and K. Adams, Procedural Generation in Game Design. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2019.
- [4] A. Yu. Kovtun, “Kiberbezpeka v umovakh tsyfrovizatsii mediaprostoru,” Naukovi zapysky NaUKMA. Kompiuterni nauky, vol. 6, pp. 42–49, 2023.
- [5] K. Werbach and D. Hunter, For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Philadelphia, PA, USA: Wharton School Press, 2022.
- [6] S. V. Laptiev, Upravlinnia informatsiinoiu bezpekoiu v sotsialnykh merezhakh. Kyiv, Ukraine: Tekhnika, 2024.
- [7] R. Johnson and J. Woodcock, “The Global Context of AI in Esports,” in Esports Research and Digital Architecture. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, 2021.

УДК 004.89:004.5

МУЛЬТИМОДАЛЬНІ АРХІТЕКТУРИ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО КОНТЕКСТУ В ІГРОВИХ СИСТЕМАХ

БОЛТАЧ С.В., ЖУК Є.М.

(boltach.svetlana@gmail.com, zhukliza2001@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет (Україна)

У роботі досліджено вплив сучасних мультимодальних моделей штучного інтелекту на розвиток ігрової індустрії 2026 року. Розглянуто процес переходу від стандартних меню до живих систем взаємодії, що працюють на основі аналізу голосу, емоцій та жестів у реальному часі. Виділено ключові практичні сценарії застосування технологій, зокрема прогнозування завершення реплік та емоційну адаптацію середовища. Це дозволяє забезпечити найвищий рівень ефекту занурення у мультимедійних проєктах.

Створення ігор та їх комунікація довгий час базувалася на фіксованих сценаріях дій: гравець обирав варіанти відповідей у вікні діалогу або активував події натисканням кнопок. Це створює відчутний бар'єр, де користувач залишається лише стороннім спостерігачем, а не активним учасником процесу всередині гри. У 2026 році головним викликом для розробників є створення систем, які здатні розуміти людину – через інтонації, рухи та міміку, не вимагаючи використання класичних контролерів для спілкування. Дослідження сьогодення в галузі афективного дизайну ігор вказують на те, що мультимодальність є основою для створення імерсивного досвіду [2].

Досліджуються такі питання:

1. Аналіз переходу до систем «невидимого інтерфейсу», де керування сюжетом відбувається через природну поведінку гравця.
2. Дослідження впливу ритму та тембру мовлення на динамічну зміну ігрового сценарію.
3. Обґрунтування ефективності технологій аналізу пауз, що дозволяють віртуальним персонажам вести діалог без емоційних затримок.

Головним досягненням сучасності є впровадження систем, що працюють з емоційним контекстом. Раніше комп'ютер просто перетворював голос у текст, але сьогодні штучний інтелект (ШІ) здатен розпізнавати «підтекст». Одним із найцікавіших прикладів є аналіз мікронапруження голосових зв'язок та невербальних сигналів [4]. У сучасних інтерактивних трилерах система може зафіксувати тривогу в голосі гравця і, залежно від мети гри, або надати психологічну підтримку

через віртуального напарника, або посилити напруження, змінюючи освітлення та звуки в реальному часі.

Важливим технологічним кроком стало прогнозування черговості розмови (Turn-taking). Наукові дані свідчать, що затримка відповіді руйнує ілюзію живого спілкування. Сьогодні мультимодальні архітектури використовують дані з камери (напрямок погляду, мікроруки губ) та мікрофона паралельно [1]. Це дозволяє ШІ зрозуміти, що гравець збирається завершити речення ще до того, як він замовкне. Завдяки цьому діалог стає динамічним – персонажі можуть вчасно вступати в розмову, що важливо для взаємодії між людиною та агентом ШІ [1].

Крім того, технологія керування через жести (Gesture-Driven Narrative) вийшла на новий рівень точності завдяки застосуванню глибокого навчання та трансформерів у реальному часі [3]. Сьогодні система аналізує не лише широкі махи руками, а й дрібну моторику та положення тіла в просторі. Наприклад, якщо гравець у віртуальному середовищі несвідомо відхиляється назад під час розмови, NPC може інтерпретувати це як невпевненість і змінити свою тактику переконання. Це перетворює ігровий процес на багатовимірну комунікацію, де невербальні сигнали важать більше, ніж вимовлені слова [4].

Узагальнюючи в межах цього дослідження, можна стверджувати, що мультимодальні моделі, що працюють у реальному часі, стирають кордон між людиною та програмою. Використання аналізу емоцій та жестів дає можливість створювати ігри, які буквально «відчують» свого користувача. Це відкриває шлях не лише для глибших розваг, але і для створення ідеальних освітніх симуляторів, де навчання комунікації відбувається в максимально наближених до реальності умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Y. Li, J. Zhang, and L. Wang, “Real-Time Multimodal Turn-Taking Prediction to Enhance Cooperative Dialogue During Human-Agent Interaction,” *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 14, no. 3, pp. 1102–1115, 2023.
- [2] “Advances in Affective Game Design,” *Sensors*, vol. 26, no. 2, Art. no. 596, 2026.
- [3] A. Smith and B. Johnson, “Multimodal Transformers for Real-Time Gesture Recognition,” *arXiv preprint*, arXiv:2604.11570v1, 2026.
- [4] J. Durand, “The Future of Non-Verbal Communication in Virtual Environments,” *HAL Open Science*, 2022. [Online]. Available: <https://hal.science/hal-03812713v1>

УДК 004.89:004.96

ВПРОВАДЖЕННЯ АГЕНТНИХ ШІ-АРХІТЕКТУР ДЛЯ СТВОРЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ІГРОВОГО НАРАТИВУ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

БОЛТАЧ С.В., ЦИЩУК М.О.

(boltach.svetlana@gmail.com, kolyacyshyk@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет (Україна)

У роботі досліджено підходи до використання агентних систем на базі великих мовних моделей для генерації нелінійного ігрового наративу. На основі аналізу сучасних методів динамічного сторітелінгу розглянуто механізми інтеграції автономних ШІ-агентів, здатних до адаптації сюжету залежно від дій гравця. Визначено роль когнітивних архітектур у забезпеченні іммерсивності та емоційної глибини ігрового досвіду.

Традиційні методи створення ігрового наративу базуються на жорстко визначених структурах, що обмежує варіативність ігрового досвіду та знижує рівень занурення. Проблема полягає у необхідності переходу до динамічних систем, де штучний інтелект (ШІ) виступає не просто як супротивник, а як інструмент створення персоналізованого сюжету в реальному часі. Використання агентних архітектур дозволяє подолати статичність сценаріїв, створюючи простір для інноваційної комунікації між гравцем та ігровим світом.

В даному дослідженні:

- проаналізовано сучасні методи інтеграції ШІ-агентів у рольові ігри;
- визначено переваги використання методів динамічного сторітелінгу над класичними скриптовими деревами;
- обґрунтовано вплив автономних агентів на трансформацію ігрової індустрії як сьогодення сучасної розробки.

Нині індустрія комп'ютерних ігор стоїть на порозі радикальної зміни парадигми: від ігор за сценарієм до ігор за правилами, де сценарій генерується в процесі взаємодії. Використання ШІ-агентів дозволяє створювати світи, де кожен персонаж має власну пам'ять, цілі та мотивацію [1].

Одним із найбільш багатообіцяючих напрямків є розробка рольових ШІ-агентів (Role-playing AI agents), які поведуться згідно з обраним психологічним профілем. Це досягається шляхом поєднання великих мовних моделей (LLM) з базами знань про ігровий світ. Такі агенти здатні до імпровізації, що дозволяє гравцеві використовувати природну мову для вирішення ігрових завдань, замість вибору варіантів у діалоговому вікні [2].

Важливою складовою таких систем є архітектура «довготривалої пам'яті». Агент повинен не лише реагувати на поточну фразу гравця, а й пам'ятати попередні домовленості, конфлікти та спільні пригоди. Це створює відчуття реальних відносин всередині віртуального простору. Інтеграція подібних систем дозволяє створювати унікальні ігрові сценарії, які розробники ніколи не змогли б прописати вручну [3, 4].

Технологічний аспект реалізації таких систем включає використання гібридних моделей:

1. Сценарне ядро, що визначає загальний напрямок сюжету та ключові події.
2. Адаптивний рівень, де ШІ-агенти заповнюють деталі комунікації та реагують на непередбачувані дії гравця.
3. Системи процедурної генерації контенту, які візуалізують зміни в ігровому світі, спричинені рішеннями ШІ та гравця.

Застосування таких агентів виходить за межі розваг. У наукових та освітніх іграх це дозволяє створювати складні тренажери соціальної взаємодії, де штучний інтелект виступає в ролі експерта, напарника або пацієнта [5]. При цьому ключовим викликом залишається забезпечення логічної цілісності наративу та запобігання «галюцинаціям» нейромереж, що потребує впровадження жорстких логічних фільтрів на рівні ігрового рушія.

Динамічний сторітелінг перетворює гру на інтерактивне медіа нового типу, де авторство розділене між геймдизайнером, алгоритмом та гравцем. Це створює умови для нескінченної реіграбельності та глибинної персоналізації контенту, що є критично важливим для утримання аудиторії в умовах сучасної конкуренції на ринку мультимедіа.

Отже впровадження агентних ШІ-архітектур є ключовим інноваційним підходом до комунікації в ігрових системах 2026 року. У ході дослідження встановлено, що динамічний інтерактивний сторітелінг дозволяє створювати принципово нові ігрові досвіди, де ігровий процес адаптується до індивідуального стилю кожного користувача [1]. ШІ-агенти стають фундаментом для наступного покоління рольових ігор, забезпечуючи високу автономність персонажів та глибину соціальної симуляції [2, 5]. Зрештою, перехід до таких моделей розробки не лише знижує витрати на створення величезних обсягів текстового контенту, а й відкриває шлях до створення справжніх цифрових світів, здатних до еволюції та самостійного розвитку [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] S. Glassner, "Dynamic Interactive Storytelling for Computer Games Using AI Techniques," ResearchGate, 2009. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net>
- [2] "The Role of AI Agents in Modern RPGs," Jenova AI Resources, 2025. [Online]. Available: <https://jenova.ai>
- [3] X. Wang et al., "Advancements in Generative AI for Game Narrative," arXiv preprint, arXiv:2512.20550, 2025.
- [4] "AI Agents: The Next Frontier for the Gaming Industry," FXM Insights, 2025. [Online]. Available: <https://fxmweb.com>
- [5] L. Zhang, "A research of artificial intelligence game agent application," ResearchGate, 2024. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net>

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ ПОВЕДІНКИ NPC НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО DEEP Q-NETWORK У ДИНАМІЧНИХ ІГРОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

БОНДАРЕНКО З.В. (bondarenko@vntu.edu.ua)

БОНДАРЕНКО Д.С. (allesgve@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

У статті досліджено застосування Deep Q-Network для побудови адаптивної поведінки NPC у відеоіграх. Проаналізовано недоліки класичних методів штучного інтелекту та стандартних моделей DQN у динамічних середовищах. Запропоновано модифіковану модель DQN, яка враховує контекст стану середовища, рівень ризику, поведінку гравця та адаптивний механізм replay memory. Розроблено математичну модель стану NPC, функцію винагороди та механізм пріоритетного вибору навчальних прикладів. Наведено математичний апарат алгоритму, модель апроксимації Q-функції та функцію втрат нейронної мережі. Результати показали підвищення стабільності навчання, швидкості збіжності алгоритму та адаптивності поведінки NPC.

Вступ. У сучасних відеоіграх штучний інтелект неігрових персонажів відіграє одну з ключових ролей у формуванні ігрового процесу. Саме поведінка NPC значною мірою визначає складність, динамічність та реалістичність взаємодії користувача з віртуальним середовищем. Більшість класичних підходів до побудови поведінки NPC базуються на finite state machines, behavior trees або скриптових алгоритмах. Такі методи добре працюють у передбачуваних сценаріях, однак мають суттєві обмеження у складних динамічних середовищах, де поведінка гравця постійно змінюється. У таких випадках NPC не здатні адаптуватися до нових умов та повторюють однакові шаблони дій, що знижує реалістичність ігрового процесу.

Результати дослідження. Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку ігрового штучного інтелекту є застосування Reinforcement Learning та, зокрема, алгоритму Deep Q-Network. Основною ідеєю reinforcement learning є навчання агента шляхом взаємодії із середовищем. Агент виконує певні дії, отримує винагороду та поступово формує оптимальну стратегію поведінки. Формально процес навчання описується марковським процесом прийняття рішень:

$$MDP=(S,A,P,R,\gamma) \quad (1)$$

де (S) – множина станів середовища, (A) – множина дій агента, (P) – ймовірності переходів між станами, (R) – функція винагороди, а (γ) – коефіцієнт дисконтування майбутньої винагороди.

Метою агента є максимізація очікуваної сумарної винагороди: $G_t = \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t+k+1}$.

У класичному Q-learning оцінюється функція корисності дії у певному стані:

$$Q(s,a) = E[G_t | s_t = s, a_t = a] \quad (2)$$

Однак при великих просторах станів використання табличного представлення Q-функції стає практично неможливим. Саме тому в DQN використовується глибока нейронна мережа, яка апроксимує Q-функцію:

$$Q(s,a) \approx Q(s,a; \theta), \quad (3)$$

де (θ) – параметри нейронної мережі.

Попри ефективність DQN, існуючі моделі мають низку обмежень. У більшості досліджень агент працює лише з візуальними ознаками середовища або базовими параметрами стану. Поведінка гравця, рівень небезпеки ситуації чи тактичний контекст практично не враховуються. Крім того, стандартний replay memory виконує вибір досвіду переважно випадковим чином або на основі TD-помилки, що не дозволяє ефективно концентрувати навчання на критично важливих ситуаціях.

У даному дослідженні запропоновано модифіковану модель DQN для NPC, яка враховує контекстно-залежний стан середовища та поведінкові характеристики користувача. У роботі введено розширений вектор стану NPC та модифікований механізм пріоритетного replay memory.

На відміну від класичних підходів, стан NPC описується не лише координатами або візуальними параметрами, а комплексним вектором:

$$s_t = (x_t, y_t, h_t, m_t, e_t, r_t, b_t) \quad (4)$$

де (x_t, y_t) – координати персонажа, (h_t) – рівень здоров'я, (m_t) – кількість ресурсів, (e_t) – кількість ворогів поблизу, (r_t) – рівень ризику, а (b_t) – поведінковий параметр гравця.

Особливу роль у моделі відіграє коефіцієнт ризику:

$$r_t = \frac{e_t \cdot d_t}{h_t + \varepsilon} \quad (5)$$

де (d_t) характеризує середній рівень небезпеки ворогів, а (ε) є стабілізуючим параметром.

Завдяки такому підходу NPC оцінює не лише поточний стан середовища, а й ступінь загрози ситуації. Це дозволяє агенту адаптувати власну поведінку залежно від складності бойового епізоду.

Для врахування стилю гри користувача введено поведінковий вектор:

$$b_t = (a_t^{player}, f_t, v_t) \quad (6)$$

де (a_t^{player}) – тип дій гравця, (f_t) – частота атак, а (v_t) – рівень агресивності поведінки. Таким чином NPC здатний адаптувати власну стратегію до стилю конкретного користувача, що робить поведінку персонажів значно менш передбачуваною.

Навчання нейронної мережі виконується шляхом мінімізації функції втрат:

$$L(\theta) = E[(y_i - Q(s_i, a_i; \theta))^2] \quad (7)$$

де цільове значення визначається як:

$$y_i = \gamma \cdot \max_{a'} Q(s'_i, a'; \theta^-) \quad (8)$$

Оновлення параметрів мережі здійснюється методом градієнтного спуску:

$$Q_{i+1} = Q_i - \mu \nabla_{Q_i} L(Q_i) \quad (9)$$

де (μ) – швидкість навчання.

Окрему увагу в роботі приділено модифікації replay memory. У класичних DQN пріоритет навчальних прикладів визначається лише TD-помилкою:

$$p_i = |\delta_i| + \varepsilon \quad (10)$$

У запропонованій моделі використовується контекстно-пріоритетний replay memory:

$$p_i = \beta_1 |\delta_i| + \beta_2 C_i + \beta_3 R_i \quad (11)$$

де (C_i) – критичність ситуації, (R_i) – рівень ризику, а $(\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ – вагові коефіцієнти. TD-помилка визначається рівнянням:

$$\delta_i = r_i + \gamma \cdot \max_{a'} Q(s'_i, a'; \theta^-) - Q(s_i, a_i; \theta) \quad (12)$$

Імовірність вибору певного досвіду для навчання має вигляд:

$$p_i = \frac{p_i^a}{\sum_{k=1}^n p_k^a} \quad (13)$$

Висновки. Такий підхід дозволяє агенту частіше навчатися на найбільш важливих ігрових ситуаціях: критичних боях, ситуаціях виживання або складних тактичних сценаріях. У результаті значно підвищується стабільність навчання та швидкість збіжності алгоритму.

Результати експериментального моделювання показали, що запропонована модель дозволяє скоротити час навчання приблизно на 18–25% у порівнянні зі стандартним DQN. Крім того, NPC демонстрували більш адаптивну поведінку, краще реагували на зміну стилю гри користувача та приймали ефективніші тактичні рішення.

Отримані результати підтверджують ефективність використання модифікованого Deep Q-Network для побудови адаптивного штучного інтелекту NPC у відеоіграх. Запропонований підхід дозволяє підвищити реалістичність поведінки агентів, покращити їх здатність до самонавчання та забезпечити більш складну взаємодію між користувачем і віртуальним середовищем. Перспективним напрямом подальших досліджень є використання multi-agent reinforcement

learning, attention-механізмів та transformer-based моделей для побудови колективної поведінки NPC.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] V. Mnih et al., “Human-level control through deep reinforcement learning,” *Nature*, vol. 518, no. 7540, pp. 529–533, 2015.
- [2] A. Sestini, A. Kuhnle, and A. D. Bagdanov, “Deep Policy Networks for NPC Behaviors that Adapt to Changing Design Parameters in Roguelike Games,” *arXiv preprint arXiv:2012.03532*, 2020.
- [3] W. P. von Pilchau, A. Stein, and J. Hähner, “Synthetic Experiences for Accelerating DQN Performance in Discrete Non-Deterministic Environments,” *Algorithms*, vol. 14, no. 8, p. 226, 2021.
- [4] D. L. Elliott and C. Anderson, “The Wisdom of the Crowd: Reliable Deep Reinforcement Learning Through Ensembles of Q-Functions,” *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 34, no. 1, pp. 43–51, 2023.
- [5] “Immersive Game Worlds: Using Deep Reinforcement Learning for Lifelike Non-Player Characters,” in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Gaming Systems*, pp. 1–5, 2023.
- [6] W. Razzaq and K. Raza, “Neural Circuit Policies for Virtual Character Control,” *Neural Processing Letters*, vol. 56, no. 188, 2024.
- [7] M. S. Ayoub, R. Tehseen, U. Omer, M. M. Awan, and R. Javaid, “Enhancing Non-Player Characters (NPC) Behaviour in Video Games Using Reinforcement Learning,” *International Journal of Innovations in Science & Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 1–10, 2024.
- [8] R. Meshram, S. Krishna, O. Kulkarni, R. R. Patil, G. Kaur, and S. Maheshwari, “NPC Behavior in Games Using Unity ML-Agents: A Reinforcement Learning Approach,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation, Computing and Communication*, pp. 1519–1523, 2025.
- [9] “Multi-Agent Reinforcement Learning for Creating Intelligent Agents in Social Networks-Oriented Role Playing Games,” *Entertainment Computing*, vol. 54, p. 100941, 2025

УДК 004.8:004.946:37.01

МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МУЛЬТИПЛЕЄРНИХ ОСВІТНІХ ІГРАХ ДЛЯ РОЗВИТКУ КОМАНДНОЇ РОБОТИ

Воропай В. В. (12832096@cuspu.edu.ua),
Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка

У роботі досліджено підходи до використання штучного інтелекту в мультиплеєрних освітніх іграх для розвитку навичок командної роботи. Основна увага приділена аналізу сучасних технологій, що дозволяють автоматизувати оцінювання поведінки гравців та підвищити ефективність взаємодії в команді.

Мультиплеєрні освітні ігри використовують для розвитку навичок командної роботи, комунікації та спільного прийняття рішень. Застосування технологій штучного інтелекту дозволяє аналізувати взаємодію гравців, адаптувати ігровий процес та оцінювати ефективність командної діяльності.

Аналіз сучасних досліджень показав, що технології AI активно застосовуються в освітніх системах для персоналізації навчання, оцінювання активності користувачів та автоматизації взаємодії з системою [1]. У мультиплеєрних іграх особливу роль відіграють методи машинного навчання, обробки природної мови та інтелектуальні агентні системи [2].

У роботі досліджуються підходи до використання штучного інтелекту для аналізу командної взаємодії гравців у мультиплеєрному середовищі. Основна увага приділена можливості оцінювання активності учасників, аналізу комунікації та визначення ролей у команді.

Основні методи штучного інтелекту, що можуть бути використані у мультиплеєрних освітніх іграх, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Методи штучного інтелекту в мультиплеєрних іграх

Метод AI	Опис	Застосування в грі	Вплив на командну роботу
Машинне навчання	Аналіз даних поведінки гравців	Адаптація складності	Баланс ролей у команді
NLP	Обробка тексту	Аналіз чату	Покращення комунікації
Підкріплювальне навчання	Навчання через винагороду	Поведінка AI-агента	Оптимізація стратегій
Кластеризація	Групування користувачів	Формування команд	Баланс гравців
Інтелектуальні агенти	Автономні системи	Координація	Управління командою

Одним із перспективних напрямів є використання AI-агента як координатора командної взаємодії. Такий агент може аналізувати дії гравців, оцінювати рівень взаємодії та надавати рекомендації щодо покращення спільної роботи.

У межах дослідження також розглянуто підходи до побудови архітектури мультиплеєрної системи з використанням AI-модуля. Загальна структура системи наведена на рисунку 1.



Рис. 1 – Архітектура мультиплеєрної освітньої гри з використанням штучного інтелекту

Запропонований підхід дозволяє забезпечити аналіз поведінки гравців, адаптацію ігрового процесу та підтримку командної взаємодії в реальному часі. На відміну від традиційних освітніх систем, використання AI створює можливість динамічного управління навчальним процесом залежно від дій користувачів.

Отримані результати можуть бути використані під час розробки мультиплеєрної освітньої гри з елементами штучного інтелекту для розвитку навичок командної роботи та дослідження ефективності взаємодії учасників у віртуальному середовищі.

На першому етапі роботи планується реалізувати простий прототип освітньої системи з елементами штучного інтелекту, яка забезпечуватиме аналіз гравця. Передбачається використання AI-модуля для оцінювання активності учасника, аналізу та формування рекомендацій щодо покращення ефективності. Отримані результати будуть використані як основа для подальшої розробки кооперативної освітньої відеогри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2020.
2. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 2018. URL: <https://web.stanford.edu/class/psych209/Readings/SuttonBartoIPRLBook2ndEd.pdf> (дата звернення: 29.04.2026)

AI-ІНСТРУМЕНТИ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕКСТУР ТА МАТЕРІАЛІВ У BLENDER ДЛЯ ІГРОВОГО КОНТЕНТУ: МОЖЛИВОСТІ ТА ОБМЕЖЕННЯ

ГАЙДАМАЧЕНКО Т.М.

(timagaidamachenko@gmail.com)

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

У тезах розглядаються AI-інструменти генерації текстур та PBR-матеріалів у середовищі Blender для створення ігрового контенту. Аналізуються можливості плагінів на базі Stable Diffusion (Dream Textures, Poly Haven AI), підхід до генерації seamless-текстур та інтеграції AI-матеріалів у ігровий пайплайн. Визначено практичні переваги та обмеження AI-підходу порівняно з традиційним текстурованням.

Постановка проблеми. Текстуровання є одним із найбільш часовитратних етапів створення ігрового контенту. Для досягнення фотореалістичного результату кожен об'єкт потребує набору PBR-текстур (Albedo, Normal, Roughness, Metallic, AO), що разом займають десятки мегабайт пам'яті та вимагають годин роботи в Substance Painter або аналогічних інструментах. Поява AI-генераторів текстур відкрила принципово новий підхід: замість малювання художник описує бажаний матеріал текстом або зображенням-референсом, а AI генерує відповідну текстуру за секунди.

PBR-матеріали: стандарт ігрової індустрії. Physically Based Rendering (PBR) є стандартом для ігрових матеріалів в Unity та Unreal Engine. PBR-підхід базується фізично коректному описі поверхні через набір текстурних карт: Albedo (базовий колір без освітлення), Normal Map (деталі рельєфу без полігонів), Roughness (матовість/глянець поверхні), Metallic (металевість), Ambient Occlusion (самозатінення). Blender's Principled BSDF shader є прямою реалізацією PBR-підходу та забезпечує сумісність матеріалів з обома провідними ігровими движками. Критична вимога до AI-генерованих текстур – їхня придатність для повного PBR-набору, а не лише генерація красивого Albedo.

Dream Textures та Stable Diffusion у Blender. Dream Textures є плагіном для Blender, що інтегрує Stable Diffusion безпосередньо в інтерфейс редактора. Плагін дозволяє генерувати текстури за текстовим промптом прямо у Shader Editor або Image Editor Blender. Практичний workflow: художник вводить промпт (наприклад, 'weathered stone wall, moss, PBR seamless texture'), генерує базове зображення, за необхідністю застосовує img2img з референсом для стилізації. Для ігрових потреб критично важливо є функція seamless tiling: Stable Diffusion генерує зображення, що безшовно з'єднується при повторенні, Що є обов'язковою вимогою для floor, wall та terrain текстур.

Генерація повного PBR-набору через AI. Генерація лише Albedo-текстури є недостатньою для повноцінного PBR-матеріалу. Існує кілька підходів до отримання повного набору карт. Перший – використання спеціалізованих AI-сервісів (Poly Haven AI, Material Maker), що генерують повний PBR-набір з одного промпту. Другий – автоматична конвертація Albedo в Normal та Roughness засобами Blender через процедурні ноди або плагін Normal Map Online. Третій підхід – комбінований: AI генерує Albedo та Normal, решта карт налаштовується вручну через Principled BSDF. Практика показує, що повністю AI-генеровані PBR-набори поки потребують ручного коригування для досягнення фотореалістичного результату.

Обмеження AI-текстуровання для ігор. AI-генерація текстур має ряд практичних обмеження у ігровому контексті. По-перше, контроль над результатом: Stable Diffusion генерує варіації, але не завжди точно відтворює задуманий стиль чи деталі, що вимагає багатьох ітерацій. По-друге, консистентність: для одного ігрового контенту необхідно, щоб усі матеріали мали один стиль, а досягнення візуальної когерентності між AI-генерованими текстурами є складним завданням. По-третє, авторські права: питання правової чистоти AI-генерованого контенту для комерційних ігрових продуктів залишається неврегульованим у більшості юрисдикцій. Нарешті, якість Normal Maps, згенерованих AI, часто поступається картам, створеним із реальної high-poly геометрії через baking.

Практичний висновок: гібридний підхід. Практичний досвід роботи з AI-текстуруванням у Blender свідчить про найвищу ефективність гібридного підходу: AI генерує базову текстуру та визначає загальний характер матеріалу, художник доопрацьовує деталі та налаштовує повний PBR-набір. Для прототипування та jam-розробки AI-текстурування дозволяє повністю покрити потреби проєкту без спеціалізованого художника з текстур. Для AA та AAA-розробки AI-інструменти є засобом прискорення пайплайну, але не повної заміни текстурних художників.

Висновки. AI-інструменти генерації текстур у Blender демонструють значний потенціал для прискорення ігрового пайплайну: текстурування, що традиційно займало години, скорочується до хвилин. Практичне застосування виявляє як переваги (швидкість, доступність для професіоналів, генеративна варіативність), так і обмеження (складність досягнення консистентності стилю, якість Normal Maps, правові питання). Гібридний підхід – AI для прискорення, художник для контролю якості – є найбільш продуктивною стратегією для поточного рівня розвитку технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Rombach R. et al. High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models. CVPR, 2022.
- [2] Burley B. Physically Based Shading at Disney. SIGGRAPH Practical PBR, 2012.
- [3] Dream Textures. Blender Plugin for Stable Diffusion. URL: <https://github.com/carson-katri/dream-textures>
- [4] Blender Foundation. Principled BSDF Shader. Blender Manual. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
- [5] Pharr M., Jakob W., Humphreys G. Physically Based Rendering. MIT Press, 2023.

УДК 004.96:004.822

МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛОГІЧНОЇ ЦІЛІСНОСТІ ІГРОВОГО СВІТУ ЗА ДОПОМОГОЮ LOREBOOK-СИСТЕМ У ГЕНЕРАТИВНИХ НАРАТИВАХ

ЄВСОВИЧ А.В. (evsovicalevtina2001@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Досліджено механізм Lorebook-системи платформи NovelAI як інструменту забезпечення логічної цілісності генеративних наративів. Проаналізовано архітектуру детерміністичного контекстного збагачення на основі тригерних ключових слів та її подібність до парадигми Retrieval-Augmented Generation. Розглянуто практичне застосування системи для вирішення проблем узгодженості персонажів, збереження лору та крос-референтної цілісності ігрового світу.

Генеративні мовні моделі все активніше інтегруються у сферу інтерактивного сторітелінгу та ігрового наративу, відкриваючи нові можливості для формування динамічного й адаптивного ігрового досвіду [1] [2]. Однією з найбільш відомих платформ у цьому напрямку є NovelAI, яка використовує спеціалізовані мовні моделі серії Kaiga, оптимізовані для роботи з художніми текстами та наративними структурами. Водночас забезпечення логічної послідовності й цілісності вигаданого світу залишається складним завданням, оскільки мовні моделі мають тенденцію втрачати контекстуальні деталі під час тривалих сесій генерації.

Метою цього дослідження є аналіз архітектури системи Lorebook платформи NovelAI як механізму підтримання семантичної узгодженості генеративних наративів. Особливу увагу приділено принципам детерміністичного контекстного збагачення на основі тригерних ключових слів, порівнянню цього підходу з концепцією Retrieval-Augmented Generation, а також оцінці практичної ефективності системи у задачах збереження лору, підтримання цілісності персонажів і забезпечення узгодженості елементів ігрового світу.

Lorebook, або «Книга знань», є одним із центральних інструментів управління контекстом у системі. Вона функціонує як локальна база знань формату «ключ – запис», де кожен запис містить

текстовий опис певної сутності – персонажа, локації, предметів чи концепції лору, а також набір тригерних ключових слів і службові параметри, зокрема пріоритет, позицію в контексті та глибину сканування [3].

Механізм активації записів працює таким чином: перед кожним зверненням до мовної моделі система аналізує останні N токенів тексту в пошуках заданих ключових слів. Якщо виявляється збіг, відповідний запис Lorebook автоматично додається до контексту запиту. Завдяки цьому модель отримує релевантну довідкову інформацію саме тоді, коли вона необхідна для побудови логічно узгодженого продовження, без потреби постійно утримувати всю базу знань у межах активного контексту.

З архітектурної точки зору система Lorebook реалізує спрощений варіант парадигми Retrieval-Augmented Generation. У класичному RAG-підході база знань індексується у векторному просторі, після чого здійснюється семантичний пошук релевантних фрагментів для подальшого збагачення промпту. Натомість Lorebook використовує детерміністичний пошук за ключовими словами, а не пошук за семантичною близькістю [4].

Такий підхід має кілька важливих наслідків. Передусім він є передбачуваним: автор або геймдизайнер чітко розуміє, за яких умов буде активовано конкретний запис. Крім того, система не потребує складної інфраструктури, пов'язаної з обчисленням ембедингів чи підтримкою векторних баз даних, що робить її значно дешевшою з погляду обчислювальних ресурсів. Водночас існують і певні обмеження: система не здатна розпізнавати смислову схожість без прямого лексичного збігу, тому ефективність роботи значною мірою залежить від якості підготовки тригерних ключів.

У контексті геймдизайну система Lorebook пропонує практичні рішення для кількох типових проблем процедурного наративу. Насамперед вона допомагає вирішити проблему так званої «amnesia model», коли мовна модель поступово втрачає важливі деталі сюжету або світу під час довгих генеративних сесій. Lorebook фактично виконує роль зовнішньої пам'яті, що забезпечує стабільне збереження ключових фактів незалежно від тривалості контексту.

Не менш важливою є підтримка узгодженості персонажів. Детально прописані записи про зовнішність, характер, мотивацію чи мовні особливості персонажа дозволяють моделі генерувати репліки й поведінку, які відповідають уже сформованому образу. Це особливо актуально для ігор із нелінійними діалогами або відкритими наративними структурами на кшталт sandbox RPG.

Ще одним важливим аспектом є забезпечення крос-референтної цілісності лору. Великі ігрові всесвіти зазвичай містять значну кількість взаємопов'язаних фактів, подій та об'єктів. Lorebook дає змогу структурувати цю інформацію ієрархічно та активувати лише ті записи, які є контекстуально релевантними в конкретний момент генерації. Це дозволяє уникнути перевантаження контекстного вікна надлишковими даними.

Попри очевидні переваги, Lorebook-підхід має й певні недоліки. Насамперед система залежить від якості створеного автором контенту: вона лише передає інформацію моделі, але не перевіряє її достовірність або логічну несуперечливість. Крім того, велика кількість одночасно активованих записів може призвести до переповнення контекстного вікна, що, навпаки, негативно вплине на якість генерації [5].

Перспективним напрямком розвитку є поєднання детерміністичного пошуку за ключовими словами з векторним семантичним пошуком. Подібна гібридна архітектура дозволила б активувати записи не лише за прямими лексичними збігами, а й за смисловою близькістю. Окремий інтерес також становить інтеграція концепції Lorebook із мультиагентними системами, де різні агенти відповідатимуть за підтримання окремих аспектів узгодженості ігрового світу.

Отже, система Lorebook платформи NovelAI є практичним та ефективним прикладом реалізації механізмів контекстного збагачення для генеративних наративів. У сфері ігрових застосувань вона пропонує доступний інструмент підтримання логічної цілісності ігрового світу без потреби у складній серверній інфраструктурі. Порівняння з повноцінними RAG-системами демонструє, що детерміністичний підхід, заснований на ключових словах, є прагматичним компромісом між складністю реалізації та якістю результату, відкриваючи значний потенціал для використання в інді-розробці та прототипуванні наративних ігрових систем нового покоління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zhao W. X. et al. A Survey of Large Language Models [Електронний ресурс] – 2023 – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2303.18223>
2. Ammanabrolu P., Riedl M. Playing Text-Adventure Games with Graph-Based Deep Reinforcement Learning / Proc. NAACL-HLT. – Minneapolis, USA, 2019. – P. 3557–3565.
3. NovelAI. Lorebook — Knowledge Base Management [Електронний ресурс] – 2023 – Режим доступу: <https://docs.novelai.net/text/lorebook.html>
4. Lewis P. et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks / Advances in Neural Information Processing Systems. – 2020. – Vol. 33. – P. 9459–9474
5. Ji Z. et al. Survey of Hallucination in Natural Language Generation / ACM Computing Surveys. – 2023. – Vol. 55, № 12. – P. 1–38

УДК 004.85:004.93

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЙ АВТОНОМНОГО АГЕНТА В ІГРАХ-ГОЛОВОЛОМКАХ ТИПУ BLOCK BLAST НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

ЗЕЛЕЗ М.А. (maksym.zelez-ip241@nung.edu.ua)

ВОВК Р.Б. (roman.vovk@nung.edu.ua)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У роботі розроблено архітектуру та програмне забезпечення автономного інтелектуального агента для гри Block Blast, що інтегрує методи евристичного пошуку, комп'ютерного зору та власне симуляційне середовище для навчання. Застосування генетичного алгоритму для оптимізації 14-параметричної функції оцінки дозволило автоматизувати процес формування стратегії та досягти показників ефективності, що значно перевищують рівень середнього гравця.

Метою даної роботи є розробка та програмна реалізація автономного агента, здатного до ведення ігрового процесу в середовищі Block Blast на рівні, що перевищує показники середньостатистичного оператора-людини. Основним завданням дослідження є створення системи, яка здатна автоматично оптимізувати стратегію поведінки шляхом генетичного навчання. Програмний комплекс реалізовано мовою Python; він має модульну архітектуру, що складається з двох ключових компонентів: block_blast (власна програмна реалізація ігрового середовища з інтегрованим модулем штучного інтелекту) та OCR (підсистема розпізнавання стану ігрового поля з екрана пристрою методами комп'ютерного зору).

Block Blast [1] класифікується як мобільна блокова головоломка, де ігровий процес відбувається на дискретній сітці розмірністю. Основна механіка полягає у розміщенні геометричних фігур з метою повної деструкції рядків та стовпців для максимізації кількості набраних балів. Попри зовнішню простоту правил, гра характеризується високою розмірністю простору станів та вимагає застосування стратегій глибокого планування. Таким чином, розробка інтелектуальних агентів для подібних систем є актуальною науково-прикладною задачею у сфері машинного навчання та ігрового ШІ [2].

Проект реалізовано мовою Python у вигляді модульної системи. Для проведення ітерацій навчання та верифікації алгоритмів у модулі game.py було відтворено повну логіку гри Block Blast. Реалізація включає наступні функціональні елементи:

– алгоритм генерації об'єктів (ensure_playable): процедура формування набору з трьох фігур («руки») з гарантованою можливістю здійснення ходу, що передбачає до 600 ітерацій генерації для запобігання передчасному завершенню гри;

– механіка взаємодії: моделювання розміщення фігур та одночасного очищення заповнених рядків і стовпців;

– система динамічного оцінювання («комбо»): алгоритм нарахування додаткових балів за послідовне очищення ліній у межах однієї ітерації роздачі;

– графічний інтерфейс (ui.py): візуалізація стану системи з підтримкою «ghost-ефекту» для відображення валідних та недопустимих позицій розміщення.

Використання власного ігрового рушія дозволяє виконувати тисячі ігрових сесій в автоматизованому режимі без участі людини, що є необхідною прекурсією для ефективного застосування генетичного алгоритму. Навчальний цикл передбачає автоматичний запуск процедури корекції вагових коефіцієнтів після кожної серії з 10 ігор.

В основу функціонування агента покладено принцип евристичного оцінювання поточної позиції з виконанням вичерпного пошуку серед усіх допустимих конфігурацій ходів. На кожному ігровому кроці агент аналізує всі можливі варіанти розміщення кожної з трьох фігур, симулює результати ходів та обирає оптимальний варіант згідно з цільовою функцією, яка розраховується за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^{14} k_i b_i \quad (1)$$

де b_i - вектор i -ї ознаки стану ігрового поля, а k_i — відповідний навчений ваговий коефіцієнт.

Оцінка стану базується на 14 параметричних ознаках:

- кількість "дірок" — порожніх клітинок під заповненими (b_1), що є ключовим показником поганої позиції;
- максимальна та середня висота стовпців (b_2, b_3) — штрафують за ризик переповнення;
- загальна заповненість поля (b_4);
- штраф за розміщення фігур біля країв (b_5);
- скупченість блоків (b_6) — заохочує групування для майбутніх очищень;
- кількість майже повних рядків та стовпців (b_7, b_8) — нагороджує за близькість до очищення;
- кількість порожніх рядків (b_9) — зберігає простір для маневру;
- збереження комбо (b_{10}) — високо оцінює продовження серії очищень;
- якість вписування фігури у простір (b_{11});
- рівномірність висот стовпців (b_{12}) — штрафує за нерівне поле;
- кількість очищених ліній та очки за хід (b_{13}, b_{14}).

Оскільки аналітичний підбір 14 взаємозалежних ваг є стохастично складним завданням, у модулі ai_trainer.py реалізовано генетичний алгоритм [3]. Система підтримує популяцію з 10 наборів ваг і виконує наступний еволюційний цикл:

1. Оцінювання придатності (fitness): після завершення циклу з 10 ігор для кожного індивіда розраховується метрика за формулою:

$$F = m + c * 0.4 + s * 0.001, \quad (2)$$

де m - кількість ходів, c - максимальний показник комбо, s - підсумковий рахунок.

2. Селекція: застосування методу елітизму для збереження двох найкращих наборів ваг.

3. Схрещування (crossover): формування нових особин шляхом комбінування генів двох батьківських структур із кращої половини популяції з імовірністю успадкування ознаки.

4. Мутація: випадкова модифікація кожного вагового коефіцієнта з імовірністю у діапазоні до від граничних значень.

5. Фіналізація: експорт оптимальних параметрів у формат best_weights.json.

Для кожного параметра встановлено жорсткі межі допустимих значень (BOUNDS), що запобігає дегенерації популяції та забезпечує семантичну валідність ваг (наприклад, штраф за «дірки» обмежено діапазоном від -15 до -1, а винагороду за лінії від 50 до 200).

Модуль OCR забезпечує автономне керування зовнішніми ігровими клієнтами без втручання у їхній програмний код. Функціонал модуля охоплює:

1. Захоплення кадру (screen.py) та ідентифікацію просторових координат ігрового поля;
2. Розпізнавання стану сітки та поточної «руки» (state_OCR.py) з використанням методів обробки зображень;
3. Візуалізацію розпізнаних даних (board_render.py, hand_render.py) для верифікації роботи алгоритмів;

4. Інтерфейсну взаємодію з AI-агентом (ai.py) через протокол файлового обміну (стани — state.json, обрані дії — action.json).

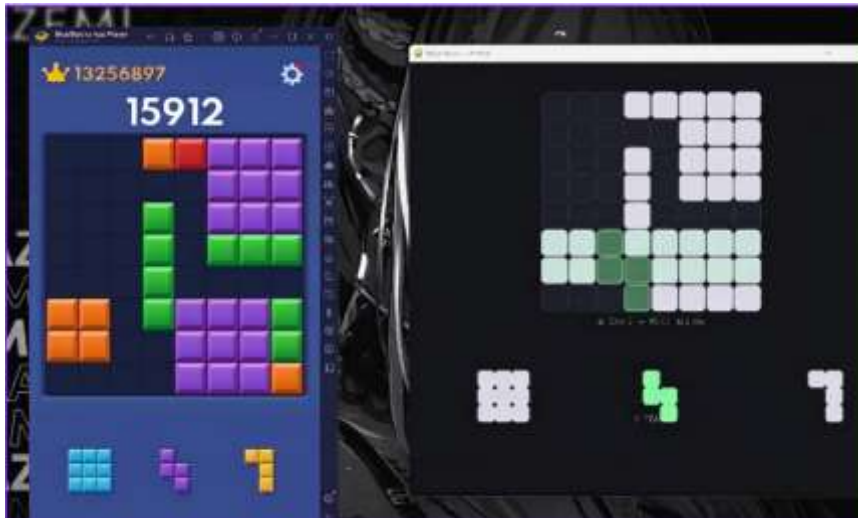


Рис. 1 – Фінальна версія програмного рішення [4]

Дана декуплована архітектура забезпечує інваріантність інтелектуального модуля відносно джерела вхідних даних.

Отже, в результаті дослідження розроблено програмну систему, що здійснює зчитування даних з екрана та демонструє оптимальну стратегію на власному прототипі. Експериментальне навчання тривалістю 150 машино-годин дозволило підвищити ефективність агента з початкових ~3000 балів до значень, що фактично не мають верхньої межі у заданому середовищі. Розроблена система може бути використана як база для впровадження методів пошуку по дереву Монте-Карло або глибокого навчання з підкріпленням для вирішення задач довгострокового планування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Block Blast Beginner's Guide – Essential Tips for New Players» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://blast-block.github.io/blog/block-blast-beginners-guide.html>.
2. «What Are AI Agents?» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.ibm.com/think/topics/ai-agents>.
3. 3.«Genetic Algorithms» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/dsa/genetic-algorithms/>.
4. GitHub - w1seng/block-blast-ai-training: Block blast game + ai that training to play it · GitHub [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://github.com/w1seng/block-blast-ai-training>

УДК 004.89

ІНТЕГРАЦІЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ІНТЕРВЕНЦІЇ В ІГРОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ

ЗІНІН М.Ю., ІЗВАЛОВ О.В., (crabgmvs@gmail.com, General@cardswars.com)
Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті (Україна)

У роботі досліджено методику використання великих мовних моделей (LLM) як активного інструменту для зниження рівня стресу та модерації токсичної поведінки в онлайн-іграх. Проведено порівняльний аналіз ефективності моделей сімейства Gemini та традиційних BERT-архітектур у контексті розпізнавання емоційного стану гравців. Запропоновано концепцію адаптивного ігрового асистента, що використовує методи когнітивно-поведінкової терапії для нейтралізації негативних наслідків кібербулінгу. Спроектовано архітектуру веб-сервісу «Спокій»,

яка інтегрує LLM у комунікаційне середовище ігрових платформ. Результати дослідження підтверджують, що використання емпатичного ШІ дозволяє не лише детектувати агресію, а й здійснювати превентивну психологічну підтримку, що сприяє утриманню аудиторії та покращенню ігрового досвіду.

Постановка проблеми

Сучасний ігровий ринок, що за прогнозами перевищить \$250 млрд у 2025 році, стикається з критичною проблемою токсичності, яка стає причиною відтоку гравців (churn) та деградації ігрових спільнот. Традиційні системи автоматичної модерації (ToxMod тощо) зосереджені на покаранні порушників, але повністю ігнорують емоційне відновлення жертв агресії. Актуальність дослідження полягає у необхідності створення інтелектуальних систем «першої лінії», які здатні вести терапевтичний діалог у режимі реального часу, адаптуючись до динамічного сленгу та контексту гри. Проблема полягає у виборі оптимальної ШІ-архітектури, що забезпечує баланс між швидкістю відповіді (latency) та глибиною емпатичного розуміння.

Перелік вирішених завдань

1. Проаналізовано динаміку поширення токсичності та її вплив на залученість гравців (engagement).
2. Проведено порівняльне оцінювання моделей Gemini 1.5 Flash та Pro за метриками точності (Accuracy) та затримки обробки запиту.
3. Спроектовано модульну архітектуру системи підтримки, що включає клієнтську (React), серверну (Flask) частини та хмарне ядро (Gemini API).
4. Розроблено та протестовано бібліотеку системних промптів для реалізації технік активного слухання та КПТ-інтервенцій.
5. Описано механізм кризового реагування на базі семантичного аналізу повідомлень.

Виклад суті дослідження

Ядром дослідження є розробка веб-сервісу «Спокій», архітектура якого базується на принципі анонімної взаємодії. В основі лежить клієнт-серверна модель, де фронтенд на React забезпечує реактивність інтерфейсу, а бекенд на Flask здійснює управління сесіями та інтеграцію з моделлю Google Gemini. Дані про сесії та емоційний стан зберігаються у PostgreSQL з використанням SQLAlchemy для забезпечення цілісності.¹

Особлива увага приділена вибору моделі. Для ігрових систем критичним параметром є швидкість реакції. Порівняння Gemini 3 Flash з іншими моделями (табл. 1) показало її перевагу в задачах швидкого емпатичного реагування.

Таблиця 1 – Порівняння Gemini 3 Flash з іншими моделями

Модель	Точність (Accuracy)	Стабільність (Decision stability, κ)	F1-score (weighted)
Gemini-3-Flash	83.3%	0.860	91.0%
GPT-o3	79.2%	0.966	90.5%
Gemini 2.5 Flash	76.5%	0.820	85.0%
GPT-4	69.9%	0.750	82.0%

Результати тестування на бенчмарку PsychoBench свідчать, що сучасні LLM вже перевершують поріг сертифікаційних іспитів для консультантів (NCE), який становить близько 70%. Це дозволяє використовувати їх для складного аналізу емоційного стану гравців.

Алгоритм роботи системи базується на технології «ковзного вікна» контексту. Сервер витягує історію реплік, формує JSON-пакет із системною інструкцією (System Instruction) та надсилає його до API.

Для забезпечення емпатії використано промпт-інжиніринг. Системний промпт налаштовує ШІ на роль асистента, що валідує почуття гравця. Наприклад, при детекції фрази «мене це бісить», ШІ не просто фільтрує текст, а відповідає: «Це нормально відчувати гнів після несправедливої поразки. Давай зробимо паузу?». Важливим елементом є блок етичних запобіжників (табл. 2).

Таблиця 2 – Блок етичних запобіжників

Тип ризику	Програмна директива промпту	Очікувана реакція системи
Медичний	ЗАБОРОНЕНО: Діагнози та ліки	Відмова від порад, перенаправлення до лікаря
Етичний	ЗАБОРОНЕНО: Судження та критика	Безумовне прийняття емоцій гравця
Кризовий	ОБОВ'ЯЗКОВО: Селфхарм маркер	Переривання чату, видача номера 7333

Дослідження показало, що використання RAG (Retrieval-Augmented Generation) дозволяє зменшити рівень галюцинацій моделі на 43%, оскільки ШІ спирається на базу знань з ігрової етики та КПТ-протоколів.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує, що інтеграція LLM (зокрема Gemini 1.5/3 Flash) в ігрові системи дозволяє створити ефективну модель превентивної психологічної підтримки. Порівняльний аналіз показав, що ці моделі володіють достатнім рівнем знань та емпатії для стабілізації емоційного стану користувачів. Розроблена архітектура веб-сервісу «Спокій» вирішує проблему анонімності та доступності допомоги, що є критичним для гравців в Україні. Подальше масштабування системи через Discord-боти дозволить значно знизити рівень соціальної напруги в ігрових спільнотах та підвищити їхню інклюзивність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ghosh, "Analyzing Toxicity in Online Gaming Communities," Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, vol. 12, no. 10, pp. 4448-4455, 2021. [Online]. Available: <https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/view/5182/4335>.
2. Nic Giolla Easpaig, "An exploratory study of sexism in online gaming communities: Mapping contested digital terrain," Community Psychology in Global Perspective, vol. 4, no. 2, pp. 119-135, 2018. [Online]. Available: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/2359482>.
3. "Bandit Algorithms for Efficient Toxicity Detection in Competitive Online Video Games," Activision Research, vol. 13, 2025. [Online]. Available: https://www.activision.com/cdn/research/Bandit_Algorithms.pdf.
4. Artificial Intelligence to Address Cyberbullying, Harassment and Abuse: New Directions in the Midst of Complexity – PMC, доступ отримано квітня 27, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8872854/>

УДК 004.8:004.946:794.092

ІНТЕГРАЦІЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У НАРАТИВНІ СИСТЕМИ ВІДЕОІГОР ДЛЯ ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНИХ СЮЖЕТНИХ АРХІТЕКТУР І ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ІГРОВОГО ДОСВІДУ

КОБУС О.С., БОНДАРЕНКО С.Ю. (bondarenko.stephan@ukr.net)

Національна академія СБ України

Реферат. Робота присвячена технічним аспектам інтеграції великих мовних моделей у наративні системи відеоігор. Досліджується архітектура взаємодії між ігровим рушієм, наративним менеджером та генеративною мовною моделлю. Аналізуються механізми формування адаптивних сюжетних структур на основі поведінки гравця. Розглядаються підходи до реалізації довготривалої пам'яті та забезпечення контекстуальної узгодженості наративу. Особливу увагу приділяється оптимізації продуктивності та зниженню латентності при використанні моделей у реальному часі. Обґрунтовується ефективність застосування таких систем для створення персоналізованого і динамічного ігрового досвіду.

Інтеграція великих мовних моделей у наративні системи відеоігор у технічному вимірі передбачає побудову багаторівневої обчислювальної архітектури, в якій генеративні моделі природної мови виступають не як ізольований компонент діалогової взаємодії, а як ядро семантичного оркестрування ігрового процесу. На відміну від класичних підходів до розробки наративу, що базуються на скриптових мовах і кінцевих автоматах станів, сучасні системи з використанням великих мовних моделей потребують інтеграції модулів обробки природної мови, систем пам'яті, механізмів планування та підсистем оцінки консистентності, які працюють у реальному часі в умовах обмежених ресурсів.

Архітектурно така система може бути представлена як композиція кількох взаємопов'язаних рівнів. На нижньому рівні знаходиться ігровий рушій, який відповідає за симуляцію фізичного світу, станів об'єктів та подій [4]. Над ним функціонує наративний менеджер, що виконує роль інтерфейсу між ігровою логікою та мовною моделлю. Саме цей компонент здійснює трансляцію подій ігрового середовища у текстові або структуровані запити, які передаються до мовної моделі, а також інтерпретує згенеровані відповіді у вигляді команд або сценарних модифікацій. Центральним елементом є сама велика мовна модель, яка виконує функції генерації діалогів, синтезу сюжетних подій і прогнозування поведінки персонажів [3]. Для забезпечення стабільності та керованості генерації над мовною моделлю розміщується рівень контролю, що включає механізми фільтрації, перевірки логічної узгодженості та обмеження простору допустимих відповідей.

Однією з ключових технічних проблем є забезпечення довготривалої пам'яті та контекстуальної цілісності. Великі мовні моделі мають обмеження на довжину контексту, тому для підтримання історії взаємодії використовується зовнішня система пам'яті, яка може реалізовуватися у вигляді векторних баз даних або графових структур знань [1]. У такій системі кожна подія, дія гравця або зміна стану світу кодується у вигляді векторного представлення і зберігається для подальшого використання. При генерації нових наративних елементів виконується пошук релевантних записів у пам'яті з використанням алгоритмів семантичної близькості, після чого ці дані інжектуються у вхідний контекст моделі. Це дозволяє забезпечити квазіперсистентність наративу та уникнути втрати важливих сюжетних деталей.

Особливу роль відіграють механізми керування генерацією, які забезпечують баланс між варіативністю та детермінованістю [5]. З технічної точки зору це досягається шляхом налаштування параметрів семплінгу, таких як температура, $\text{top } k$ та $\text{top } p$, а також через використання умовної генерації, де модель обмежується заданими правилами або шаблонами. У більш складних системах застосовуються методи підкріплювального навчання з людським зворотним зв'язком або автоматизованими функціями винагороди, які оптимізують поведінку моделі відповідно до критеріїв якості наративу, таких як логічна узгодженість, емоційна насиченість або відповідність жанровим конвенціям.

Важливим аспектом є інтеграція мовних моделей із системами планування дій персонажів. У традиційних іграх поведінка неігрових агентів визначається через дерева поведінки або планувальники на основі цілей [6]. У випадку використання великих мовних моделей ці підходи можуть бути розширені шляхом включення семантичного рівня, де модель генерує не лише текст, а й високорівневі наміри або плани дій. Наприклад, на основі аналізу поточного контексту модель може сформувати послідовність цілей для персонажа, які потім декомпонуються у конкретні дії за допомогою класичних алгоритмів планування. Така гібридна архітектура дозволяє поєднати гнучкість генеративних моделей із надійністю детермінованих систем.

З технічної точки зору значну складність становить забезпечення продуктивності та масштабованості. Великі мовні моделі потребують значних обчислювальних ресурсів, що створює обмеження для їх використання у реальному часі, особливо на клієнтських пристроях. Одним із рішень є використання серверної інференції з передачею запитів через мережу, однак це вводить затримки та залежність від стабільності з'єднання. Альтернативним підходом є використання оптимізованих або дистильованих моделей, які мають менший розмір і можуть працювати локально, хоча й з певною втратою якості. Додатково застосовуються техніки кешування результатів генерації та асинхронної обробки запитів, що дозволяє зменшити латентність і підвищити загальну ефективність системи.

Практичні реалізації демонструють, що використання великих мовних моделей дозволяє створювати динамічні діалогові системи, де кожна взаємодія з персонажем є унікальною. Наприклад, у прототипах рольових ігор застосовується підхід, при якому кожен персонаж має власний набір параметрів, що визначають його характер, цілі та рівень знань, а мовна модель генерує відповіді з урахуванням цих параметрів. Це досягається шляхом формування спеціалізованих промптів, які включають опис персонажа, його історію та поточний контекст. У більш просунутих системах використовується динамічне оновлення цих параметрів на основі взаємодії з гравцем, що забезпечує еволюцію поведінки персонажів.

Ще одним важливим напрямом є використання мовних моделей для генерації квестів та сюжетних подій. У цьому випадку модель виступає як генератор сценаріїв, який на основі поточного стану гри створює нові завдання, конфлікти та сюжетні розгалуження. Для забезпечення якості таких генерацій застосовуються додаткові модулі валідації, які перевіряють згенеровані елементи на відповідність внутрішнім правилам гри, таким як баланс складності, доступність ресурсів та логічна узгодженість із попередніми подіями. Це дозволяє уникнути ситуацій, коли модель генерує неможливі або некоректні сценарії.

Загалом, технічна інтеграція великих мовних моделей у наративні системи відеоігор вимагає комплексного підходу, що поєднує методи обробки природної мови, машинного навчання, теорії ігор та програмної інженерії. Ключовими факторами успіху є ефективне управління контекстом, забезпечення консистентності наративу, оптимізація продуктивності та розробка гібридних архітектур, які дозволяють поєднати генеративну гнучкість із детермінованою надійністю. У результаті формується новий клас ігрових систем, де наратив не є статичним елементом, а виступає як динамічна функція від взаємодії між гравцем і штучним інтелектом, що відкриває широкі перспективи для подальших досліджень і практичних застосувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] NVIDIA Developer, "NVIDIA ACE: Digital Humans with Generative AI," NVIDIA.com, 2024. [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/nvidia-ace-generative-ai-digital-humans-games-apps/>
- [2] Unity Technologies, "The age of AI in gaming: How Unity is building for the future," Unity Blog, Jun. 2023. [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=https://blog.unity.com/engine-platform/ai-in-gaming-unity-sentis-unity-muse>
- [3] J. Burgess, "How LLMs are changing game narrative design," Game Developer, Jan. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=https://www.gamedeveloper.com/design/how-llms-are-changing-game-narrative-design>
- [4] Inworld AI, "The Inworld Engine: A technical architecture for AI NPCs," Inworld Documentation, 2024. [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=https://docs.inworld.ai/docs/concepts/engine/>
- [5] Epic Games, "Generative AI and Unreal Engine: Future of interactive storytelling," Unreal Engine Blog, 2024. [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=https://www.unrealengine.com/en-US/blog/the-future-of-generative-ai-at-epic-games>
- [6] Microsoft Azure, "Azure OpenAI Service in gaming: Scaling dynamic NPC dialogue," Microsoft Tech Community, Sep. 2023. [Online]. Available: <https://www.google.com/search?q=https://techcommunity.microsoft.com/t5/gaming-and-media/azure-openai-service-in-gaming/ba-p/3920144>

РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ГОЛОСОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ З NPC В UNREAL ENGINE 5 ЗА ДОПОМОГОЮ CONVAI API

КРИВЕНКО О. В. (krivenkoov@gmail.com), ГУЗЬ В. А. (huz_v_a@students.pstu.edu)

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»

Це дослідження присвячене проектуванню та практичному впровадженню інтерактивного комплексу для голосового зв'язку з NPC у середовищі Unreal Engine 5. Ключовим технологічним стеком обрано Conval API, що дає змогу реалізувати повний цикл обробки інформації: від розпізнавання живого мовлення (ASR) до інтелектуального аналізу природної мови (NLP) та миттєвого синтезу відповідей (TTS). Спроектована архітектура гнучко поєднує в собі модулі аудіозахоплення через Voice Capture Comp, хмарні алгоритми штучного інтелекту та механізми синхронізації міміки (Lip-sync) для високоякісних моделей MetaHuman. Практичні випробування підтвердили, що такий підхід гарантує максимальне занурення в ігровий процес завдяки мінімальним затримкам (до 1.5 сек) та високій точності сприйняття контексту бесіди.

Сучасна ігрова індустрія дедалі гостріше відчуває потребу у відмові від лінійних, жорстко заскриптованих моделей поведінки NPC на користь адаптивних систем, що здатні реагувати на дії та слова гравця в реальному часі. Традиційні методи, такі як дерева поведінки або скрипти, мають обмежений потенціал і часто руйнують ілюзію живої взаємодії. Сьогодні критичним викликом для розробників є створення таких інтелектуальних систем, де віртуальний персонаж може вести природний, осмислений діалог, враховуючи не лише зміст реплік, а й емоційне забарвлення та історію попередніх взаємодій.

Перелік вирішених завдань:

1. Проаналізовано сучасні методи створення діалогових систем на основі генеративних моделей трансформерів.
2. Обрано інструментарій розробки: ігровий двигун Unreal Engine 5 та платформу Conval API для NLP-процесингу.
3. Розроблено архітектуру системи та C++ модулі для взаємодії з API через REST та gRPC протоколи.
4. Реалізовано механізми захоплення голосу, автоматичного розпізнавання мови (ASR) та синтезу мовлення (TTS).
5. Спроектовано систему синхронізації міміки персонажів MetaHuman з аудіопотоком (Lip-sync).
6. Проведено тестування системи на предмет затримок та точності розпізнавання.

Процес, представлений на рисунку 1, починається зі створення персонажа в редакторі Unreal Engine 5 з використанням технології MetaHuman.

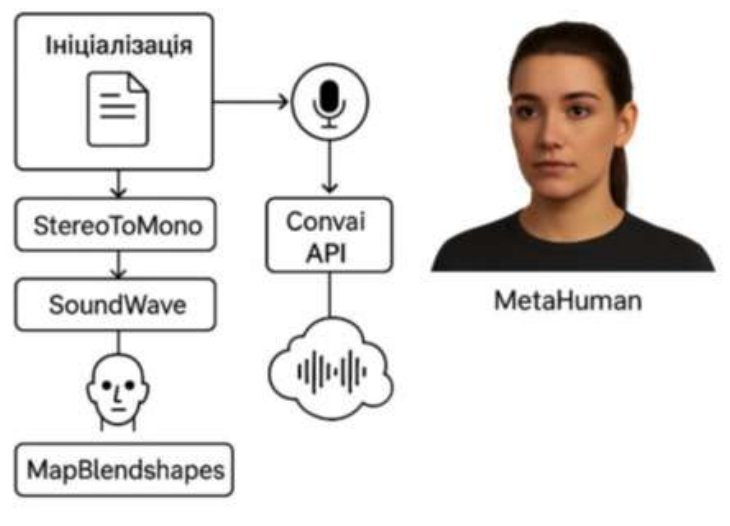


Рис. 1 – Архітектура системи

Розроблена система базується на модульному принципі, де центральним вузлом є клас UConvaiSubsystem, що керує запитами до API, та UConvaiChatbotComponent, який відповідає за логіку діалогу. Процес взаємодії починається із захоплення голосу через VoiceCaptureComp, який обробляє 16-бітний PCM сигнал з частотою 16 кГц. Для оптимізації передачі даних аудіо конвертується в моноформат.

Технічний процес взаємодії починається з передачі перетворених аудіоданих до Convai API за допомогою методу UConvaiSubsystem::SendRequest(). Для автоматичного розпізнавання мовлення (ASR) платформа використовує моделі типу Whisper, які аналізують акустичні ознаки голосу для точного перетворення звуку в текст у реальному часі. Після цього, на основі GPT-подібних архітектур трансформерів (NLP), система аналізує наміри та контекст гравця для генерації релевантної текстової відповіді.

Однією з ключових переваг такої системи є управління контекстом через «Банки пам'яті» (Memory Banks). Це хмарне сховище дозволяє NPC не лише зберігати історію діалогів, а й «пам'ятати» ключові дії гравця та ігрові події, що забезпечує персоналізацію поведінки персонажа та його еволюцію впродовж ігрових сесій.

Сформована сервером відповідь повертається у двох форматах:

1. Аудіофайл, який конвертується в об'єкт USoundWave для відтворення через аудіосистему гри.
2. JSON-пакет з параметрами міміки (Visemes), де кожній формі губ відповідає значення від 0 до 1.

Для досягнення реалістичної артикуляції на моделях MetaHuman, JSON-дані парсяться в структуру FAnimationFrame. Далі, за допомогою спеціалізованої функції MapBlendshapes, ці значення синхронно застосовуються до Blend Shapes моделі персонажа (наприклад, параметр Viseme_aa контролює відкриття рота), що створює ефект живого спілкування та точної синхронізації рухів губ із мовленням. Така архітектура дозволяє NPC не просто видавати заздалегідь записані фрази, а динамічно реагувати на гравця з мінімальною затримкою.

Технічна реалізація включає використання ConvaiGRPC для стабільного зв'язку та ConvaiSpeechToTextProху для перетворення мови в текст. Експериментальна перевірка показала, що час обробки на Game Thread становить 7–9 мс, а середня затримка відповіді не перевищує 1,5 с при точності розпізнавання понад 85%.

На рисунку 2 наведено вікно налагодження продуктивності Unreal Engine, в якому відображається статистика по різних компонентах сцени. У верхній частині розташовано значення для Game Thread, Render Thread і GPU. Час обробки на Game Thread становить приблизно 7 – 9 мілісекунд, що дорівнює 110 – 140 кадрів в секунду – хороший показник. Render Thread працює за 1.7 мс, а GPU обробляє кадри за 0.9 – 1.3 мс, що свідчить про високу продуктивність і низьку графічну навантаженість.

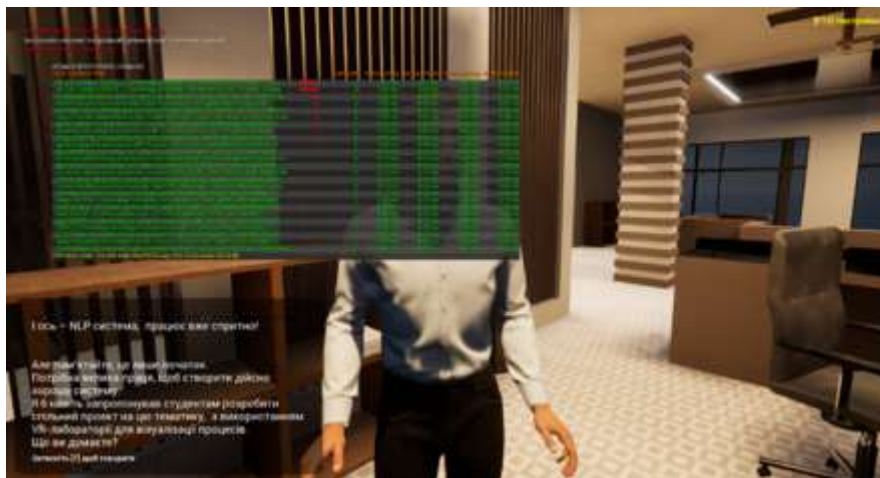


Рис. 2 – Показники оптимізації

Рядки у списку мають зелений колір, що демонструє стабільну та оптимальну роботу даних компонентів. Але є рядки з червоним кольором, що демонструють на більш високий час реалізації. Під час тестування в середовищі Unreal Engine 5 було встановлено, що загальний час обробки на Game Thread становить 7–9 мс (110–140 FPS), що є високим показником для систем з ШІ. Однак детальне налагодження виявило специфічні вузькі місця: зокрема, логіка в Blueprint «BP_PeopleManager_C::ReceiveTick» витрачає близько 1.7 мс, що сигналізує про необхідність оптимізації. Як зазначається у джерелах, вирішенням може стати перегляд логіки тиків або зниження частоти їх виклику для підвищення загальної стабільності проєкту.

Візуально сцена, в якій функціонує розроблений NPC, являє собою офісний простір з елементами VR-лабораторії. Таке оточення було обрано для якісної демонстрації роботи NLP-системи, забезпечуючи високий рівень імерсивності завдяки якісному опрацюванню освітлення та відображень. Використання такої деталізованої локації підтверджує, що запропонована система голосової взаємодії здатна працювати у високотехнологічних проєктах без критичного навантаження на ресурси. Вона використовується для демонстрації роботи системи обробки природної мови. Освітлення, відображення і оточення зроблені на хорошому рівні, що демонструє якісне візуальне опрацювання.

Таким чином, продуктивність системи висока. Головний вузький момент – це процес обробки логіки в деяких Blueprint-елементах, наприклад, PeopleManager. Їх оптимізація допоможе ще більше збільшити плавність і стабільність проєкту.

Висновки: Реалізація системи на базі Convai API та Unreal Engine 5 дійсно демонструє значний крок уперед у створенні інтерактивних персонажів.

Створення «живих» NPC та осмислена взаємодія: Використання Convai API дозволяє трансформувати традиційних NPC зі статичних об'єктів у розумних учасників ігрового світу, здатних адаптуватися до контексту та емоційного стану гравця. Завдяки «віртуальній свідомості» та механізмам пам'яті, персонажі можуть підтримувати логічний діалог і реагувати на неочікувані репліки.

Реалізація голосових команд: Система забезпечує двосторонній природний діалог, де розпізнавання мовлення (ASR) та синтез відповіді (TTS) відбуваються в реальному часі. Це дозволяє гравцеві спілкуватися з персонажем через мікрофон, сприймаючи його як «живу» людину.

Емоційна міміка та індивідуальність: Використання технологій MetaHuman та FaceFX у поєднанні з передачею JSON-пакетів візем (visemes) забезпечує реалістичну артикуляцію та синхронізацію рухів губ із мовленням. Система також дозволяє моделювати особистість через вектори рис (дружелюбність, агресивність тощо), що безпосередньо впливає на тон і зміст відповідей.

Стабільність та продуктивність: Технічні тести підтвердили високу працездатність системи: час обробки на Game Thread становить лише 7–9 мс (110–140 FPS), а затримка відповіді не перевищує цільового показника у 1,5 секунди. Точність розпізнавання мовлення при цьому становить понад 85%.

Перспективність використання: Архітектура системи, заснована на модульному принципі C++, робить її придатною для масштабування у високотехнологічних проєктах. Джерела прямо вказують на потенціал впровадження таких рішень у RPG-іграх, VR-тренажерах, медичних симуляторах та освітніх платформах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. R. Rouse III, Game Design: Theory & Practice, 2nd ed. Dallas, TX, USA: Wordware Publishing, Inc., 2005.
2. "Convai – Conversational AI for Virtual Worlds," Convai. <https://convai.com/#features> (accessed Mar. 24, 2025).
3. S. Rouse, Unreal Engine 5 for Beginners: Dive into the world of game development with Unreal Engine 5 to build amazing 3D games. 2023.
4. T. Hill, The Essential Beginners Guide to Unreal Engine 5: 2023 Edition. 2023.

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ЗАДАЧАХ
ПРОГНОЗУВАННЯ ГОСПІТАЛІЗАЦІЇ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ**

КУТИЦЬКИЙ Д.В., МАНДРИКОВА Л.В.

(d.v.kutytskyi@student.khai.edu, L.mandrikova@khai.edu)

Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

У роботі проведено порівняльний аналіз алгоритмів класифікації для прогнозування ризику госпіталізації пацієнтів з цукровим діабетом. Оцінено придатність методів Logistic Regression, XGBoost та Random Forest до роботи з шумними та незбалансованими медичними даними. Обґрунтовано переваги ансамблевого навчання та механізм багінгу для зниження дисперсії прогнозу, що дозволяє мінімізувати пропуски пацієнтів, що потребують госпіталізації.

Цукровий діабет – це хронічне захворювання, що потребує постійного нагляду та відвідування лікарів. Станом на 2026 рік на цукровий діабет страждають понад 589 мільйонів осіб[1]. В медичній практиці показник повторної госпіталізації є індикатором якості лікування та стабільності стану пацієнта. Основною вимогою до методу в цій галузі є ціна помилки. Пропуск стану пацієнта, що потребує госпіталізації несе загрозу життю пацієнта. Тоді як не вірно поставлений діагноз, хоч і не є таким критичним, як на відміну пропуск пацієнта потребуючого госпіталізації, призводить до зайвих витрат часу медичного персоналу.

Для навчання моделі, обрано набір даних «Diabetes 130-US hospitals for years 1999-2008»[2], що містить понад 100 тисяч стаціонарних записів пацієнтів хворих на діабет. Сам набір даних включає клінічні ознаки як антропометричні дані пацієнтів, історію попередніх госпіталізацій, звернень до лікаря, результати лабораторних аналізів, супутні хвороби, що могли бути викликані діабетом, дозування інсуліну, в разі потреби його прийому, та факт зміни стратегії лікування. Цільовою змінною є показник наявності повторної госпіталізації, що має дисбаланс, де відсутня госпіталізація (54%), була госпіталізація менше ніж за 30 діб (11%) та більше ніж 30 діб (34%) після звернення до лікаря. Такі дані надають можливість прогнозувати вірогідність госпіталізації пацієнта на основі широкого спектру параметрів.

При виборі архітектури модуля для прогнозування госпіталізації пацієнта було розглянуто три методи, що мають суттєві відмінності у застосуванні в медицині.

Logistic Regression (Логістична регресія) [3] є методом бінарної класифікації, що має високу швидкість обробки та інтерпретує результати. Дані переваги надають можливість лікареві оцінити ступінь впливу кожного показника на фінальний результат визначення стану пацієнта. Додатковим плюсом є стійкість моделі до перенавчання без втрати стабільності. Однак патології при цукровому діабеті мають нелінійний характер. Взаємодія між віком пацієнта, результатами лабораторних аналізів та зміною дозування ліків не є прямолінійним. Тому лінійна природа алгоритму не надає можливості автоматично виявляти такі закономірності, без втручання розробника в налаштування ознак. Даний підхід призводить до низької точності прогнозів в складних клінічних випадках.

Метод XGBoost (Extreme Gradient Boosting) [4] представляє собою алгоритм градієнтного бустингу та демонструє високу точність результатів до 95% на чистих даних. Метод працює за рахунок послідовної побудови ансамблю моделей, де кожне наступне дерево виправляє помилки попередніх. Метод також надає можливість перевірити точність на кожній ітерації навчання, що дозволяє, під час розробки, виявляти найкращий результат та зупинити роботу. Алгоритм ефективно оброблює пропуски та використовує ресурси кешу. Проте метод, в специфічній медичній сфері, має суттєві недоліки. Алгоритм є складним в налаштуванні через велику кількість гіперпараметрів, що вимагає значних часових витрат. На медичних даних, що мають високий рівень шуму, метод буде підлаштовуватися під тренувальну вибірку та втрачатиме точність на реальних даних пацієнтів.

Метод Random Forest (Випадковий ліс) [5] є ансамблевим методом, що базується на побудові значної кількості незалежних дерев рішень та в результаті об'єднує їхні прогнози. Завдяки наявності механізму багінгу та випадкового вибору ознак для кожного дерева, алгоритм має найвищу стійкість до викидів та великої кількості даних, що характерно для медичних даних. Корисною особливістю є здатність методу визначати важливість існуючих ознак, які впливають на

ризик госпіталізації. На відміну від бустингу, Random Forest має набагато менш критичних гіперпараметрів та демонструє високу ефективність роботи з «коробки». Алгоритм використовує усереднення результатів багатьох дерев, що робить його менш вразливим до перенавчання, що є необхідним для медичних даних. Для прогнозування вірогідності госпіталізації пацієнта з цукровим діабетом цей метод є найбільш підходящий серед перерахованих, так як працює з незбалансованими класами та дозволяє ефективно ідентифікувати рідкісні випадки погіршення стану.

Для об'єктивного аналізу моделі необхідно використати метрики для оцінки ефективності. В медичній предметній області пріоритет надається метриці Recall (чутливість), що відображає здатність методу знаходити реальні випадки госпіталізації для пацієнтів, що дійсно його потребують. Метрика Precision (точність) характеризує міру відсутності помилкових тривог та показує, яка частина пацієнтів, відносно даних моделей потребує госпіталізацію. Високі значення цих метрик свідчать про стабільність та ефективність системи, що в свою чергу особливо важливо в предметній області медицини, так як результати впливають на здоров'я пацієнта.

Проведений порівняльний аналіз підтверджує вибір алгоритму Random Forest для прогнозування госпіталізації пацієнта з цукровим діабетом. Стійкість алгоритму до перенавчання, здатність виявляти нелінійні закономірності та автоматичне визначення важливих клінічних ознак гарантують високу надійність в прогнозуванні госпіталізації. Використання метрик Recall та Precision для оцінки ефективності дозволяє приймати правильні клінічні рішення та мінімізувати ризики помилки. Проведений аналіз надає базу для розробки ефективного модуля для прогнозування вірогідності госпіталізації пацієнта, що допоможе автоматизувати моніторинг діабету та вчасно реагувати на критичні зміни в стані здоров'я пацієнта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] International Diabetes Federation, "IDF Diabetes Atlas 11th Edition," 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://diabetesatlas.org/>. [Дата звернення: 04.05.2026].
- [2] J. P. Brandao, "Diabetes 130-US hospitals for years 1999-2008," Kaggle, 2014. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kaggle.com/datasets/brandao/diabetes>. [Дата звернення: 04.05.2026].
- [3] D. W. Hosmer та S. Lemeshow, "Applied Logistic Regression," 2-ге вид. Нью-Йорк: John Wiley & Sons, 2000. 392 с.
- [4] T. Chen та C. Guestrin, "XGBoost: A Scalable Tree Boosting System," у зб. Proc. 22nd ACM SIGKDD Int. Conf. Knowl. Discovery Data Min. (KDD '16), 2016, с. 785–794. doi: 10.1145/2939672.2939785.
- [5] L. Breiman, "Random Forests," Machine Learning, т. 45, № 1, с. 5–32, Жовт. 2001. doi: 10.1023/A:1010933404324.

УДК 004.89

АІ-ГЕНЕРАЦІЯ АДАПТИВНИХ МНЕМОНІЧНИХ КАРТОК У ГЕЙМІФІКОВАНИХ СИСТЕМАХ ВИВЧЕННЯ МОВИ

ЛАВСЬКА В.В., ПОГУРСЬКА М.М., СЕЛІВАНОВА К.Г. (valeriia.lavska@nure.ua)
Харківський національний університет радіоелектроніки

У роботі розглянуто використання технологій штучного інтелекту для генерації адаптивних мнемонічних карток у гейміфікованих системах вивчення іноземної мови. Запропоновано концепцію системи, що поєднує процедурну генерацію контенту, АІ-модулі створення асоціативних фраз та візуальних образів, механіки гейміфікації та принципи інклюзивного дизайну. Особливу увагу приділено адаптації інтерфейсу для дітей із порушеннями сприйняття кольорів. Описано можливу архітектуру системи, принципи генерації мнемонічного контенту та приклади створення асоціативних карток.

Однією з актуальних проблем сучасних цифрових систем дистанційної освіти є недостатня персоналізація навчального контенту та низький рівень адаптації освітніх платформ до індивідуальних особливостей користувачів [1-3].

Сучасні цифрові системи вивчення іноземних мов дедалі частіше поєднують елементи штучного інтелекту, адаптивного навчання та гейміфікації. Традиційні методи запам'ятовування лексики, зокрема звичайні флеш-картки та механічне повторення слів, поступово втрачають ефективність через одноманітність подачі матеріалу та низький рівень емоційного залучення користувача. Особливо актуальною ця проблема є для дітей, процес навчання яких значною мірою залежить від візуального сприйняття, асоціативного мислення та інтерактивної взаємодії з навчальним середовищем [4].

Додаткової уваги потребує проблема інклюзивності сучасних освітніх платформ. Значна частина цифрових застосунків використовує стандартні кольорові схеми інтерфейсу та механіки взаємодії, що може створювати труднощі для дітей із порушеннями сприйняття кольорів. У результаті навчальний процес стає менш комфортним, а рівень засвоєння інформації може знижуватися [5].

У зв'язку з цим, перспективним напрямом є використання технологій штучного інтелекту для процедурної генерації адаптивного навчального контенту. Одним із таких підходів може стати автоматизоване створення мнемонічних карток, здатних генерувати асоціативні фрази, візуальні сцени та інтерактивні елементи відповідно до рівня знань користувача, його вікових особливостей та індивідуальних потреб [6].

Запропонована концепція поєднує у собі одразу декілька сучасних технологічних підходів: процедурну генерацію контенту, алгоритми штучного інтелекту, механіки гейміфікації, адаптивне навчання та принципи інклюзивного дизайну. Основною ідеєю системи є автоматичне створення мнемонічних карток для вивчення іноземної мови. На відміну від традиційних статичних карток, система генерує унікальні асоціативні фрази та візуальні образи, що сприяють ефективнішому запам'ятовуванню нової лексики через емоційні та нестандартні асоціації [4-6].

Наприклад, для слова «butterfly» система може автоматично сформулювати мнемофразу: «The BUTTER fly carries toast for breakfast», а також створити стилізовану ілюстрацію метелика з тостами та маслом. Для слова «book» можлива генерація фрази «The BOOK became a bird and flew into school», що супроводжується візуальним образом книги з крилами. Подібна образність та певна абсурдність асоціацій дозволяють активізувати асоціативне мислення користувача та покращують процес довготривалого запам'ятовування інформації.

Архітектура запропонованої системи може складатися з декількох взаємопов'язаних модулів. Основою виступає AI-модуль генерації контенту, який отримує нове слово та автоматично формує мнемонічну фразу, тематичну прив'язку, рівень складності, інтерактивне завдання та текстовий опис майбутньої ілюстрації. Для реалізації такого підходу можуть використовуватися великі мовні моделі, здатні аналізувати семантичні та фонетичні асоціації між словами, а також генеративні системи створення зображень на основі текстових prompt-запитів.

Ігровий модуль системи забезпечує гейміфіковану взаємодію користувача з навчальним середовищем. Передбачається використання тематичних рівнів, системи нагород, механік повторення вивченого матеріалу, адаптивної складності та коротких мініігор для закріплення нової лексики. Завдяки цьому процес навчання набуває більш інтерактивного та емоційно залученого характеру.

Окремим компонентом системи є accessibility-модуль, орієнтований на адаптацію інтерфейсу для дітей із порушеннями кольоросприйняття. У системі можуть використовуватися colorblind-safe палітри, підвищена контрастність елементів інтерфейсу, додаткові символи та патерни замість виключно кольорових маркерів, а також мінімізація залежності механік гри від сприйняття кольору.

Таким чином, запропонована концепція демонструє можливість поєднання технологій штучного інтелекту, процедурної генерації контенту та гейміфікованих механік для створення сучасної адаптивної системи вивчення іноземної мови. Використання AI-технологій дозволяє персоналізувати навчальний процес, підвищити рівень зацікавленості користувачів та забезпечити ефективніше засвоєння нової лексики завдяки візуально-асоціативному підходу до навчання.

Запропонований підхід може стати перспективним напрямом розвитку сучасних цифрових платформ для вивчення іноземних мов, зокрема для дитячої аудиторії та користувачів з особливостями сприйняття інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семеренко Ю. О. Можливості використання сучасних графічних бібліотек у спеціалізованих онлайн-віртуальних імітаційних тренажерах / Ю. О. Семеренко, К. Г. Селіванова // XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». 36. матеріалів форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2020. – 216 с. – С. 179–180.
2. Селіванова К. Г. Використання графічних планшетів та мультимедійних технологій у викладанні електросхемотехнічних дисциплін в умовах дистанційної освіти / К. Г. Селіванова // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф. (18-22 травня 2021, м. Харків) / редкол.: В.П. Ткаченко, І.Б. Чеботарьова, О. В. Вовк. Харків: Вид-во ТОВ «Друкарня Мадрид», 2021. – Т1. – С. 155–156.
3. Селіванова К. Г. Проектування тренінгової системи для дистанційного навчання студентів цивільної авіації з використанням технологій віртуальної реальності / К. Г. Селіванова, О. І. Соловійова, Ю. О. Семеренко // Авіація, промисловість, суспільство : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., (м. Кременчук, 12 трав. 2021 р.): у 2 ч. / МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуц. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2021. – Ч. 1. – 576с. – С. 236-237.
4. Learning Foreign Language Vocabulary with Gestures and Pictures Enhances Vocabulary Memory for Several Months Post-Learning in Eight-Year-Old School Children / C. Andrä et al. Educational Psychology Review. 2020. Vol. 32, no. 3. P. 815–850. URL: <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09527-z> (date of access: 04.05.2026).
5. Agnes D., Srinivasan R. Fostering Vocabulary Memorization: Exploring the Impact of AI-Generated Mnemonic Keywords on Vocabulary Learning Through Anki Flashcards. World Journal of English Language. 2024. Vol. 14, no. 2. P. 434. URL: <https://doi.org/10.5430/wjel.v14n2p434> (date of access: 05.05.2026).
6. Procedural Content Generation via Machine Learning (PCGML). arXiv.org. URL: <https://arxiv.org/abs/1702.00539> (date of access: 05.05.2026).

УДК 004.42:004.5:004.9

АДАПТИВНА ЛОКАЛІЗАЦІЯ ІГРОВИХ ІНТЕРФЕЙСІВ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ ІТЕРАЦІЙНОГО КОРЕГУВАННЯ

МАЛЕЦЬ І. (workhouse57@gmail.com),
Інститут поліграфії та медійних технологій Львівської політехніки

Розглянуто проблему геометричної невідповідності локалізованого текстового контенту елементам ігрового інтерфейсу (UI). Запропоновано архітектуру REST-API шлюзу для автоматизованої обробки перекладів та алгоритм ітераційного копифітингу для адаптації параметрів шрифту в реальному часі. Описана методика дозволяє зберегти візуальну цілісність ігрового макета при динамічній зміні мовних локалізацій без залучення художників інтерфейсів.

Постановка проблеми та актуальність. Сучасна розробка багатомовних ігрових застосунків, особливо в жанрах RPG та наративних квестів, супроводжується складним процесом локалізації UI-елементів. Основна технічна проблема полягає у варіативності довжини текстових рядків у різних мовних парах (наприклад, розширення тексту при перекладі з англійської на німецьку). Традиційні підходи передбачають або ручне коригування кожного фрейму, або використання жорстких статичних обмежень, що призводить до візуальних артефактів. Враховуючи досвід локалізації VDP-шаблонів (Variable Data Printing) та вимоги стандарту ISO 16612-2:2010 щодо

стабільності рендерингу персоналізованого контенту [1], актуальним завданням є адаптація цих методів для інтелектуальної підгонки тексту до меж ігрових контейнерів.

Метою та завданнями дослідження є розробка архітектури інтелектуального шлюзу для взаємодії ігрового рушія з системами машинного перекладу та впровадження алгоритму ітераційної корекції параметрів тексту для збереження читабельності інтерфейсу.

Виклад суті дослідження. Для вирішення проблеми переповнення ігрових фреймів запропоновано архітектуру Middleware на базі REST-API. Система виступає проміжним шаром між базою локалізацій та ігровим рушієм (Unity або Unreal Engine), виконуючи попередню валідацію тексту перед рендерингом. Інтеграція шлюзу в структуру ігрової платформи базується на принципах систематизації сервісів обробки великих масивів даних [3, 4]. Ключовим елементом є модуль геометричного контролю, що оперує площею тексту (S_{text}) відносно меж об'єкта (S_{frame}). Для вибору оптимального провайдера перекладу застосовано критерій ефективності, що враховує якість, латентність та вартість обробки [2]:

$$E=f(Q,L,C)\rightarrow\max \quad (1)$$

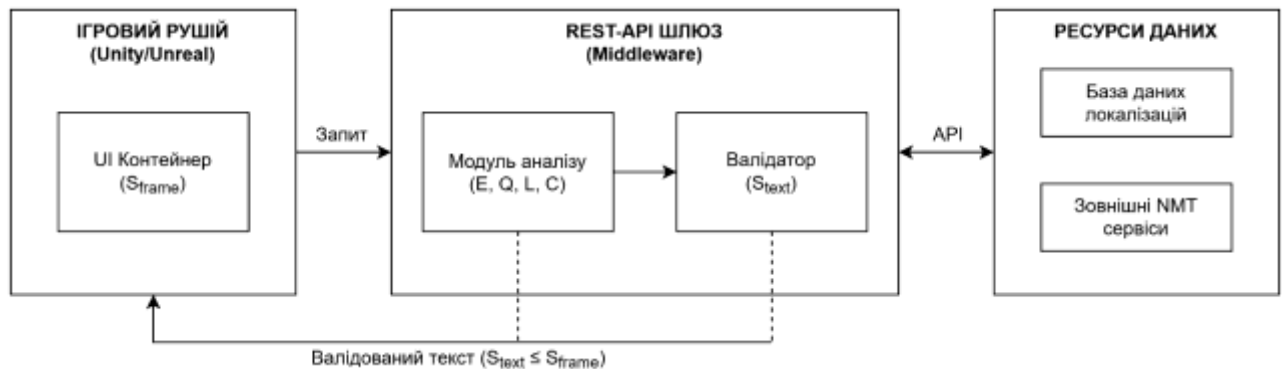


Рис. 1 – Схема інтеграції REST-API шлюзу в ігровий рушій

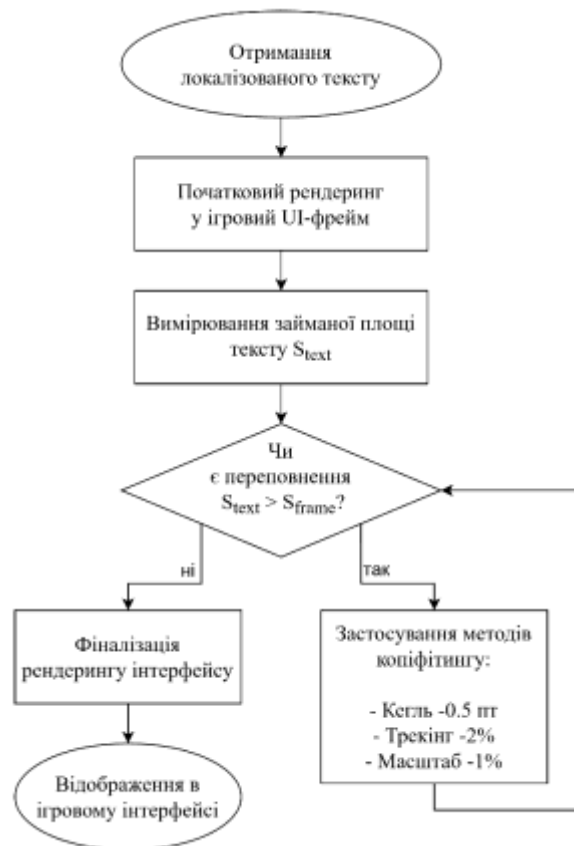


Рис. 2 – Алгоритм ітераційної корекції геометричних параметрів текстових фреймів

У разі детектування умови $S_{\text{text}} > S_{\text{frame}}$, запускається алгоритм ітераційного копифітингу. На відміну від простого масштабування, методика передбачає покрокове зниження параметрів: за кожну ітерацію кегль шрифту зменшується на 0,5 пт, трекінг — на 2%, а горизонтальний масштаб символів — на 1%. Процес триває до повної відповідності тексту межах фрейму, що гарантує відсутність накладання тексту на елементи ігрового оточення (рис. 2).

Висновки. У результаті проведеного дослідження розроблено концептуальну архітектуру та алгоритмічне забезпечення для адаптивної локалізації ігрових інтерфейсів, що базується на поєднанні REST-API шлюзу та методів ітераційного копифітингу. Запропонована методика дозволяє автоматизувати до 60% рутинних операцій з геометричної підгонки текстового контенту, що значно скорочує часові витрати на підготовку багатомовних версій ігрових застосунків. Впровадження Middleware-шлюзу забезпечує гнучку інтеграцію ігрових рушіїв із зовнішніми сервісами перекладу, підтримуючи високу продуктивність рендерингу завдяки механізмам кешування та попередньої валідації. Використання розробленого алгоритму гарантує збереження читабельності та естетичної цілісності UI-елементів навіть при значних розбіжностях у довжині лінгвістичних сегментів, водночас дотримання принципу «людина в контурі» (human-in-the-loop) дозволяє збалансувати процеси автоматизації з експертним контролем якості. Перспективи подальших досліджень полягають у масштабуванні запропонованих рішень для роботи в умовах доповненої та віртуальної реальності, а також у глибшій інтеграції модуля в реальні виробничі цикли розробки ігрового програмного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Graphic technology – Variable data exchange – Part 2: Using PDF/X-4 and PDF/X-5 (PDF/VT-1 and PDF/VT-2), ISO Standard 16612-2:2010, 2010.
- [2] І. В. Малець, "Огляд методів оцінки якості машинного перекладу для підготовки персоналізованого контенту," Youth Science: Innovation and Global Challenges, vol. 2, no. 2, pp. 92-94, 2025.
- [3] В. О. Долінський, "Систематизація програмних сервісів розрахунку економічних показників у поліграфічному виробництві," Сучасні технології промислового комплексу, no. 9, 2025.
- [4] Р. Мороз, "Застосування інтелектуальної системи Indico Data у цифровій медіаінфраструктурі наукового видавництва," Поліграфічні, мультимедійні та web-технології, no. 1 (10), pp. 88-89, 2025.

УДК 004.58

ВИКОРИСТАННЯ MCP-СЕРВЕРІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ТЕЛЕМЕТРІЇ ВІДЕОІГОР ЗА ДОПОМОГОЮ АГЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

МАЛІНІЧ П. П., ВОЙТКО В. В. (pavlo.malinich@gmail.com, dekanfki@i.ua)

Вінницький національний технічний університет

У дослідженні проводиться розробка серверу телеметрії для офлайн RPG-ігор. Запропоновано використання MCP-обгортки, що перетворює базу даних на активну платформу, надаючи стандартизований інтерфейс для LLM-агентів штучного інтелекту. Це дозволяє AI-асистентам доволі швидко генерувати аналітичні звіти з природних мовних запитів, покращуючи діагностику несправностей та відкриваючи можливості для наскрізного тестування шляхом симуляції складних сценаріїв.

У ході попередніх досліджень [1-2] було розроблено сервер телеметрії на платформі node.js, який може приймати та аналізувати повідомлення офлайн RPG-відеоігор. Крім інтерфейсу REST API, розглянуто можливість створення обгортки у вигляді MCP-серверу (рис. 1). Це дозволить

надавати безпосередній доступ до даних телеметрії агентам штучного інтелекту, що працюють на основі LLM-моделей.

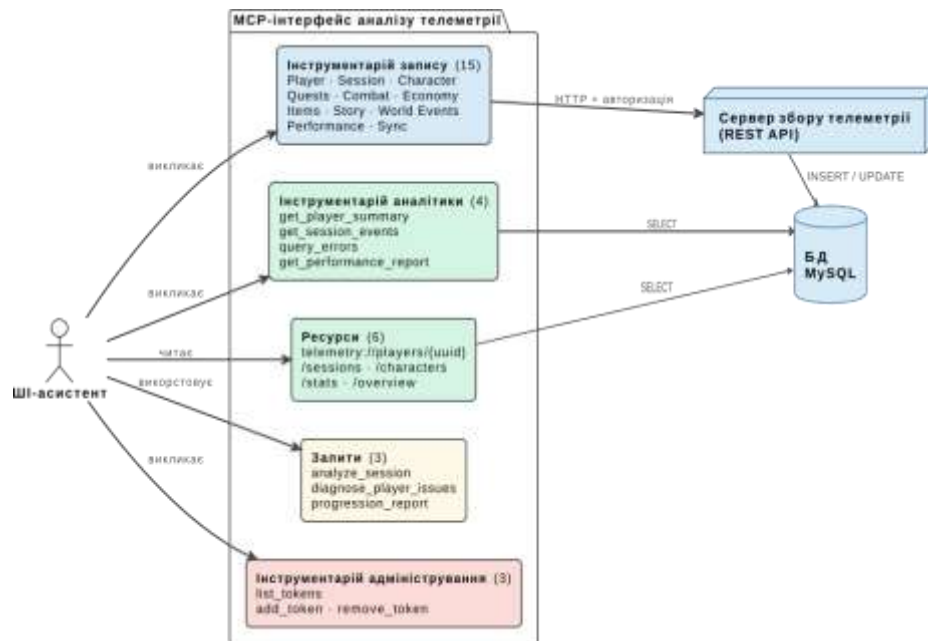


Рис. 1 – Конвеєр збору та обробки даних телеметрії у середовищі UE5

До створення MCP-обгортки сервер ігрової телеметрії мав асиметрію можливостей: він чудово справляється зі збором даних з офлайн-RPG через REST API, проте мав доволі обмежені інструменти для їх аналізу. Вся інформація надходила у десятки таблиць MySQL, і для визначення причин відтоку гравців чи відстеження помилок, потрібно було будувати логіку сервера зі складними SQL-запитами. У сервері телеметрії складно передбачити всі можливі сценарії для аналізу ігрового процесу та створити для них відповідний код. Повноцінне забезпечення універсальності серверу телеметрії реалізовано за допомогою протоколу MCP (англ. *Model Context Protocol*), який є стандартом, що перетворює пасивну базу даних на активну, гнучку аналітичну платформу. MCP створює стандартизований інтерфейс для штучного інтелекту, надаючи йому набір викличних функцій [3], адресних даних [4] та багаторазових шаблонів запитів [4]. Це дозволяє AI-асистенту безпосередньо взаємодіяти з телеметрією, перетворюючи природні мовні запити фахівців на швидкі аналітичні звіти.

При діагностиці поведінки гравців та технічних проблем, доступ агентів штучного інтелекту через MCP може забезпечити значно більшу гнучкість виявлення несправностей офлайн-гри. Замість тривалого ручного співставлення логів, розробник зможе дати завдання штучному інтелекту проаналізувати конкретну ігрову сесію: система автоматично зможе зібрати таймлайн квестів, бойових зіткнень, падінь продуктивності та помилок. Штучний інтелект за короткий час зможе видати структурований звіт про причини аварійного завершення гри в певній локації, корелюючи просідання FPS із конкретними подіями в ігровому світі [5]. Інший важливий аспект такого підходу полягає в можливостях наскрізного тестування без використання справжнього ігрового клієнта. Завдяки інструментам MCP розробники можуть генерувати масиви реалістичних тестових даних, симулюючи складні сценарії офлайн-синхронізації, що, зокрема, включатиме пакетне завантаження сотень подій після довгої сесії. Це дозволяє швидше перевіряти критичні ендпоінти та виявляти граничні випадки певних локацій без залучення тестувальників для недопрацьованих локацій.

Висновок. Розроблений у попередніх роботах сервер телеметрії на платформі node.js для збору даних з офлайн RPG-відеоігор через REST API має низку недоліків, а саме: має обмежені інструменти для аналізу, вимагає складних SQL-запитів для діагностики поведінки гравців та помилок. Для забезпечення універсальності та гнучкості аналізу запропоновано створення обгортки у вигляді MCP-серверу, що перетворює пасивну базу даних на активну аналітичну платформу, надаючи стандартизований інтерфейс для LLM-агентів штучного інтелекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Малініч П. П. Інструменти збору телеметрії у середовищі Unreal Engine", Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Одеса. 25-26 вересня 2025 р. Одеса: ОНТУ. 2025, С. 337–339.
- [2] Малініч П. П., Войтко В. В. Програмна архітектура взаємозв'язку аналітики телеметрії відеоігор та динамічної генерації ігрового контенту. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. Том. 355. Н. 4. 2025. С. 365–372, doi: 10.31891/2307-5732-2025-355-52.
- [3] Hou X., Zhao Y., Wang S., Wang H., Model context protocol (MCP): Landscape, security threats, and future research directions. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1145/3796519>
- [4] Ehtesham A., Singh A., Gupta G. K., S. Kumar A survey of agent interoperability protocols: Model context protocol (mcp), agent communication protocol (acp), agent-to-agent protocol (a2a), and agent network protocol (anp), arXiv preprint arXiv:2505.02279. 2025. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.02279>
- [5] Войтко В. В., Малініч П. П. Використання карти висот у сфері комерційної доставки в межах міста," Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ та управління: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (Суми/Вінниця, 20–21 листопада 2024 р.), Суми/Вінниця: НІКО / КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти». 2024. С. 28.

УДК 004.42:004.8:004.722

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО iOS-ЗАСТОСУНКА ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ РЕКОМЕНДАЦІЇ КАВ'ЯРЕНЬ ІЗ СИНХРОНІЗАЦІЄЮ ДАНИХ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

МАРИСИК Д.М., КАТЕЛЬНИКОВ Д.І. (katielnikov@vntu.edu.ua)

Вінницький національний технічний університет

У роботі представлено технічні аспекти реалізації iOS-додатка для пошуку спеціалізованих кав'ярень. Описано структуру бази даних, алгоритми контентної фільтрації для системи рекомендацій та логіку геопросторового аналізу. Особливу увагу приділено інтеграції з Google Generative AI для обробки природно-мовних запитів та механізмам динамічного оновлення даних власниками закладів.

Спеціалізована модель даних. Для забезпечення глибокої фільтрації за специфічними атрибутами кави (тип обсмаження, походження зерна, наявність альтернативного молока) розроблено реляційну модель даних. На відміну від універсальних сервісів [1], наша модель містить сутності для деталізації технічних характеристик закладу. Ключові сутності: CoffeeShop: ID, назва, координати (Lat/Long), рівень шуму, тип обсмаження. Зручності: WiFi, розетки, пет-френдлі, рослинне молоко. Menu: ID, назва напою, ціна, метод приготування (V60, Aeropress, Espresso).

Механізм фільтрації та персоналізації рекомендацій. Для забезпечення точної вибірки кав'ярень за специфічними критеріями користувача використовується механізм комплексних SQL-запитів до реляційної бази даних (наприклад, PostgreSQL із просторовим розширенням PostGIS) [2]. На відміну від базового пошуку за назвою, система дозволяє враховувати багатовимірні параметри закладу. Процес фільтрації складається з наступних етапів: 1) збір параметрів запиту від користувача через інтерфейс мобільного додатка; 2) формування динамічного SQL-запиту на серверній частині з урахуванням поточних координат та вибраних тегів; 3) виконання просторового запиту та ранжування результатів за відстанню або релевантністю. Для реалізації пошуку "поблизу" із врахуванням специфіки кав'ярні застосовується комбінація просторових функцій та умов JOIN. Наприклад, якщо користувач шукає заклад у радіусі 2000 метрів, де

готують каву методом V60 та є рослинне молоко, базовий запит матиме наступну структуру, яка зображена на рисунку 1.

```
SELECT cs.name, cs.address,
       ST_Distance(cs.location, ST_MakePoint(lon, lat)::geography) as distance
FROM CoffeeShops cs
JOIN Amenities a ON cs.id = a.shop_id
JOIN Menu m ON cs.id = m.shop_id
WHERE ST_DWithin(cs.location, ST_MakePoint(lon, lat)::geography, 2000)
      AND a.has_oat_milk = TRUE
      AND m.brew_method = 'V60'
ORDER BY distance ASC;
```

Рис. 1 – Базовий запит

Для демонстрації роботи алгоритму розглянемо набір тестових даних, що складається з трьох закладів: 1) кав'ярня "Арабіка" (знаходиться на відстані 1000 м, має вівсяне молоко, але не готує V60); 2) кав'ярня "Фільтр" (відстань 1500 м, має вівсяне молоко та готує V60); 3) кав'ярня "Еспресо" (відстань 3000 м, має вівсяне молоко та готує V60). Під час виконання наведеного SQL-запиту система спочатку відфільтрує просторові дані, відкинувши заклад "Еспресо" через перевищення встановленого радіусу у 2000 метрів. Далі застосовуються контентні фільтри, які відкидають заклад "Арабіка" через відсутність необхідного методу заварювання. У результаті користувач отримає у видачі лише кав'ярню "Фільтр", яка повністю відповідає як географічним, так і специфічним гастрономічним вимогам. Такий підхід забезпечує швидку та детерміновану фільтрацію на етапі "холодного старту", коли система ще не накопичила достатньо даних для складніших моделей машинного навчання [3].

Геопросторова логіка "Поблизу". Визначення радіуса пошуку реалізовано через фреймворк Core Location. Функція "поблизу" базується на розрахунку відстані за формулою гаверсинусів (Haversine formula), що дозволяє враховувати кривизну Землі для точних розрахунків у метрах. За замовчуванням встановлюється пішохідний радіус (800–1000 м). Для розширеного пошуку використовується MKDirections.Request від MapKit [4], який дозволяє оцінити час прибуття (ETA) з урахуванням поточного трафіку та обраного типу транспорту.

Модуль динамічного оновлення контенту. Проблема неактуальних даних вирішується через впровадження адміністративного інтерфейсу для власників. Використовується архітектура Real-time Synchronization (на базі WebSocket або Firebase Realtime DB). Це дозволяє власнику миттєво змінювати: Статус "Кава дня"; Поточне завантаження закладу (High/Medium/Low); Тимчасові акції (напр., "щасливі години" протягом 1 години).

Інтеграція з Google Generative AI (Gemini API). Для обробки складних запитів користувача "Знайди місце, де я можу попрацювати 2 години і випити флет-вайт на вівсяному" використовується google-generativeai. Вхідні дані (Prompt): JSON-об'єкт із профілем користувача + список атрибутів найближчих кав'ярень. Інтерпретація: Модель не просто шукає збіги, а аналізує контекст напр., "місце для роботи" інтерпретується як пріоритет сутностей "WiFi" та "Розетки", результатом користувач отримує природно-мовну відповідь з обґрунтуванням вибору.

Висновки. Оновлена архітектура додатка дозволяє перейти від простого відображення точок на карті до інтелектуального асистента. Використання математично обґрунтованих методів фільтрації та сучасних LLM-моделей забезпечує високу точність рекомендацій, що задовольняє вимоги досвідчених споживачів кави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Foursquare. [Online]. Available: <https://foursquare.com/>. [Accessed: Nov. 18, 2025].
- [2] PostGIS Project, "Spatial Relationships and Measurements," PostGIS Documentation. [Online]. Available: <https://postgis.net/docs/>. [Accessed: Mar. 5, 2026].
- [3] M. B. Ferrández, J. L. G. G. de la Nava, and T. M. Fernández, "Location-aware recommendation systems: Where we are and where we recommend to go," in CEUR Workshop Proceedings, vol. 1405, 2015.

[4] Apple Developer Documentation – MapKit. [Online]. Available: <https://developer.apple.com/documentation/mapkit>. [Accessed: Nov. 13, 2025].

УДК 61.004.6:612

ВИКОРИСТАННЯ ГЕЙМІФІЦІЙОВАНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ РОЗМІТКИ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ (НА ПРИКЛАДІ EVE: ONLINE- PROJECT DISCOVERY)

МІСОЧЕНКО С.Ю., СЕЛІВАНОВА К.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(serhii.misochenko@nure.ua, karina.selivanova@nure.ua)

У роботі розглянуто використання гейміфікованого підходу для розмітки біомедичних даних у задачах машинного навчання на прикладі проекту Project Discovery у грі EVE Online. Проаналізовано переваги інтеграції міні-ігор для залучення користувачів до наукових досліджень, а також визначено основні вимоги до ефективної реалізації такого підходу.

Вступ: Одними з поширених стереотипів щодо штучного інтелекту, машинного та глибокого навчання є уявлення про те, що сучасні системи або вже наближаються до рівня людського інтелекту, або лише механічно накопичують та відтворюють інформацію. Обидва підходи не повною мірою відображають принципи функціонування таких систем. Ефективність методів машинного навчання значною мірою залежить від участі людини, зокрема під час підготовки та розмітки навчальних даних. Без якісно анотованих вибірок можливості моделей щодо формування закономірностей та узагальнення інформації залишаються обмеженими. Таким чином, результативність систем машинного навчання визначається не лише архітектурою моделі та алгоритмами оптимізації, але й якістю, обсягом і коректністю розмітки навчальних даних, що безпосередньо впливає на точність і стабільність роботи моделей.

Постановка проблеми: Одна з найпоширеніших проблем із наборами біомедичних зображень – це мала кількість навчальних вибірок. Це стосується як оброблених так і необроблених семплів – тобто зображень чи даних без розмітки бажаного результату (класу об'єкта, до якого відноситься семпл, його положення, форма, тощо) та з нею. Для високоякісних навчальних нейронних мереж потрібні дуже великі та різноманітні набори даних. Одним із найпоширеніших емпіричних правил машинного навчання в комп'ютерному зорі є «правило 1000» – для ефективного навчання моделі набір даних повинен містити щонайменше 1000 зразків зображень для кожної категорії. Це правило було встановлено Пітом Ворденом, який аналізував записи з класифікаційного конкурсу ImageNet, де набір даних містив 1000 категорій, кожна з яких мала трохи менше 1000 зображень на клас[1].

Але, як вже згадувалось для навчання будь якої моделі недостатньо мати значні обсяги даних – необхідно їх правильно розмітити. Практично завжди це проста, але монотонна робота, дуже велика за обсягом (Через розміри датасетів, що використовуються). Не дивлячись на поступовий розвиток автоматизованих методів розмітки даних, все ще найпоширеніший і найпростіший підхід до розмітки даних – це повністю ручна обробка. Живий користувач отримує набір нерозмічених сирих даних (зображення, відео, тощо), які він має розмітити їх відповідно до переліку правил. Наприклад, при обробці даних зображень найбільш поширеними типами анотацій є: мітки класифікації, прямокутники, що обмежують границі об'єкта, що детектується, сегментація багатокутниками і ключові точки. Дана методика має свої недоліки – вона повільна та трудоемна. З іншої сторони існують та розвиваються методи автоматичної розмітки даних, коли алгоритм ШІ сам виконує роботу підготовки даних до навчання. На даний момент даний тип розмітки є одним з найшвидших, але має істотний недолік - точність. Також з'являється вимога до супервізії готового результату, коли жива людина перевіряє та коректує якість, наприклад, сегментації.

Логічним виходом з даної проблеми є об'єднання даних підходів, коли левову частку роботи виконує алгоритм, а людина перевіряє та коректує готовий результат. Або підхід від зворотного – коли людина розмічає вручну дані, на яких валідується якість навчання вже готової моделі, і які використовуються для подальшого навчання з підкріпленням.

Суть дослідження та варіанти вирішення проблеми: Розмітки даних – це задача, яка по своїй суті з легкістю перетворюється у міні гру, оскільки вона зводиться до набору простих репетитивних дій зі зрозумілим описом задачі та її результату.

Одними з перших та найвідоміших успішних прикладів гейміфікації задачі розмітки біомедичних даних та інтеграції її у якості міні-гри у свій продукт є Project Discovery: Flow Cytometry у MMO Eve: Online [2]. Project Discovery було запущено у 2016 році. Перший етап проєкту було розроблено спільно з Атласом білків людини (Human Protein Atlas), проєктом Massively Multiplayer Online Science (MMOS) та Королівським технологічним інститутом (KTH Royal Institute of Technology). Концепція проєкту полягала у залученні гравців до наукових досліджень. У його рамках у форматі міні-ігри учасники класифікували клітинні структури. Підсумковий варіант, обраний системою з багатьох найбільш популярних, вирушав ученим (Приклад інтерфейсу наведений на рис. 1а). Крім цього, результати проєкту використовувалися для навчання моделі машинного навчання Localization Cellular Annotation Tool (Loc-CAT), створеного для детектування клітин, білків та органел на зображеннях мікроскопії.



а)

б)

Рис. 1: а) Інтерфейс міні-гри (1 ітерація) з розмітки клітинних структур на зображеннях мікроскопії клітин з використанням контрасту, б) Четверта ітерація PROJECT DISCOVERY

У 2017 році етап Project Discovery: Human Protein Atlas завершився і замість нього CCP Games запустила Project Discovery: Exoplanets. Другий етап був розроблений у співпраці з MMOS, Університетом Рейк'явіка та Женевським університетом. Гравці аналізували графіки щодо зміни яскравості зірок, яке може вказувати на місцезнаходження екзопланети. Під час пандемії COVID у 19 – 21 роках було запущено четверту ітерацію даного проєкту. В ході міні гри гравці мають задачу обводити межі кластерів різних клітин, виявлених у крові людини. Кластер необхідно буде обвести максимально точно, захопивши якнайбільше клітин. Одну й ту саму картинку обробляла значна кількість гравців, після чого штучний інтелект вибирав той варіант виділення кластера, який намалювала більшість гравців. Ці дані були необхідні зрозуміти, як різні типи клітин та клітинні популяції реагують на зараження.

Через високу соціальну значущість та винагороди (лімітовані «скіни» кораблів, значна сума ігрової валюти) при простоті виконання, даний проєкт мав широкий успіх у гравців, що підтверджує можливість успішної інтеграції даного підходу до розмітки даних у комерційні ігрові проєкти. Необхідно позначити, що даний проєкт зустрів теплий прийом від гравців (Примітка: EVE online має доволі вікову та платіжоздатну аудиторію, середній вік гравця – 27 років), на відміну від схожих по своїй сутності механік інтеграції, наприклад перегляду реклами за отримання ресурсів саме через свою високу соціальну значущість.

З цього випливає перспективність інтеграції подібних проєктів з метою розмітки біомедичних даних (Оскільки, серед можливих сфер, де для розмітки даних можлива реалізація саме такого методу, саме медицина, сфера STEM та біотехнології мають консенсус щодо

етичності та соціальної важливості серед широких мас) у вигляді міні-ігор. Відповідно до отриманого в ході PROJECT DISCOVERY досвіду для якісного вирішення проблем, з якими можуть стикнутися як безпосередньо гравці, так і інженери з машинного навчання можна визначити наступні вимоги до реалізації процесу розмітки даних:

1. Чіткі, прості та зрозумілі інструкції щодо дій гравця – текстові покрокові пояснення та відео-інструкції.
2. Надання еталонних прикладів (краще – варіативних) розмічених даних гравцям.
3. Висока якість даних, які необхідно розмітити.
4. Правильна комунікація з ком'юніті щодо соціальної значущості даного проєкту для підвищення залученості.
5. Адекватна система винагород за проходження даних міні-ігор.
6. Для відсутності негативної реакції ком'юніті – дана можливість повинна бути необов'язковою для прогресу по основному ігровому процесу.
7. Супервізія отриманих результатів як за допомогою ІІІ так і за допомогою безпосередньо науковців.

Висновок та подальші перспективи: Варіантом подальшого розвитку з перспективами масштабування даного методу пропонується інтеграція подібного гейміфікованого процесу розмітки біомедичних даних у не-сінглплесерні проєкти, з ЦА у вигляді масового гравця 17+ років, використовуючи отриманий досвід та запропоновані вимоги

Вигоди, які може отримати як видавець так і розробник у перспективі від використання даного підходу

1. Висока соціальна значущість, відчуття «сполученості до чогось значного для людства» дозволяє розробнику отримати додатковий PR та підвищення репутації в очах гравців та профільних ЗМІ
2. Безпосередня фінансова вигода за рахунок розмітки даних для комерційних проєктів, пов'язаних зі сферою біотехнологій та медицини, яка демонструє небувале зростання разом зі зростанням ринку ІІІ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S. Misochenko, K. Gnetnev, and K. Selivanova, "Optimization Methods and Transfer Learning for Brain Tumor Detection Model," 2024 IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). IEEE, pp. 1–4, Oct. 07, 2024. doi: 10.1109/khpiweek61434.2024.10878004.
2. R. Brinkman and D. Y. O. Yokosawa, "Crowdsourced Flow Cytometry Dataset from EVE Online's Project Discovery for Machine Learning Applications." Federated Research Data Repository / dépôt fédéré de données de recherche, Apr. 24, 2025. doi: 10.20383/103.01043.

УДК 004.624

МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТРУКТУРИ ANDROID-ПРОЄКТІВ У ПРОЦЕСІ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНИХ ІГОР

МУЗИЧУК Д.Р., ВОЙТКО В.В.

(dmytromuzychuk2710@gmail.com, dekanfki@i.ua)

Вінницький національний технічний університет

У роботі розглянуто використання методів штучного інтелекту для аналізу структури Android-проєктів у процесі розробки мобільних ігор. Увагу приділено інтелектуальній обробці специфічних артефактів Android-розробки: Kotlin-коду, Gradle-конфігурацій, файлу AndroidManifest.xml, компонентів інтерфейсу, ресурсів і залежностей між шарами застосунку. Показано, що поєднання моделей програмного коду, графового подання структури проєкту та класифікаційних методів може використовуватися для виявлення архітектурних

невідповідностей, помилок інтеграції, дублювання логіки та проблем супроводу Android-застосунків.

Вступ

Сучасна розробка Android-застосунків пов'язана не лише з написанням окремих фрагментів програмного коду, а й з узгодженням великої кількості різнорідних компонентів. Android-проект зазвичай містить конфігураційні файли Gradle, файл AndroidManifest.xml, ресурси інтерфейсу, моделі даних, класи ViewModel, репозиторії, сервіси, тести та зовнішні бібліотеки. Помилки в такому проекті можуть виникати не тільки на рівні синтаксису, а й через неправильну взаємодію між компонентами, порушення архітектурної структури, невідповідність залежностей або некоректне використання ресурсів [1; 2].

Використання методів штучного інтелекту в Android-розробці доцільно розглядати не тільки як засіб автоматичної генерації коду, а як інструмент аналізу структури мобільного проекту. На відміну від універсальних засобів автодоповнення, інтелектуальний аналіз Android-проекту має враховувати специфіку платформи: життєвий цикл компонентів, структуру інтерфейсу, взаємодію між рівнем інтерфейсу і рівнем даних, конфігурацію складання, дозволи застосунку, залежності бібліотек і правила організації архітектури [1; 2].

Отже, проблема дослідження полягає в необхідності комплексного аналізу Android-проекту з урахуванням не лише програмного коду, а й конфігураційних файлів, ресурсів, залежностей, файлу маніфесту та зв'язків між архітектурними рівнями.

Метою роботи є аналіз можливостей використання методів штучного інтелекту для опрацювання структури Android-проектів у процесі розробки мобільних ігор. Для досягнення мети вирішено такі завдання: визначено основні артефакти Android-проекту, які можуть бути джерелами даних для інтелектуального аналізу; розглянуто методи штучного інтелекту для аналізу програмного коду та структури застосунку; охарактеризовано подання Android-проекту у вигляді графа залежностей; визначено типові проблеми Android-розробки, які можуть бути виявлені за допомогою моделей штучного інтелекту; узагальнено схему інтелектуального аналізу структури Android-проекту.

Застосування методів штучного інтелекту для аналізу Android-проектів

Суть дослідження полягає в узагальненні способів подання Android-проекту як сукупності програмних, конфігураційних та ресурсних артефактів, до яких можуть застосовуватися методи аналізу програмного коду, графового подання залежностей і класифікації типових проблем.

Моделі програмного коду можуть використовуватися для обробки Kotlin- і Java-файлів. Такі моделі дають змогу визначати призначення класів, пояснювати логіку методів, знаходити подібні фрагменти, формувати коментарі та виявляти проблемні конструкції. Для Android-застосунків це стосується аналізу класів ViewModel, Repository, DataSource, use case-компонентів, Composable-функцій і класів стану інтерфейсу [4].

Методи подання у вигляді графа Android-проекту дозволяють аналізувати код не лише як послідовність інструкцій, а як систему зв'язків між компонентами. Вузлами можуть бути екрани, класи, функції, модулі, ресурси, залежності та зовнішні бібліотеки, а ребрами — виклики, імпорти, переходи навігації, ін'єкції залежностей або зв'язки між шарами, що дає змогу аналізувати не тільки окремі файли, а й загальну структуру застосунку. Наприклад, можна перевіряти, чи не звертається компонент інтерфейсу безпосередньо до джерела даних, чи не дублюється бізнес-логіка в різних ViewModel, чи не виникають надмірні залежності між модулями [2; 5].

Класифікаційні методи штучного інтелекту можуть застосовуватися для виявлення типових проблем Android-розробки: надмірно складні класи ViewModel, змішування логіки інтерфейсу з бізнес-логікою, неправильне розміщення операцій роботи з мережею, дублювання моделей даних, невідповідність між навігацією та фактичними екранами, а також помилки, пов'язані з конфігурацією залежностей. Вхідними ознаками для моделей можуть бути: метрики коду, кількість залежностей, структура викликів, типи компонентів, результати статичного аналізу та повідомлення про помилки складання [2; 3].

Специфічні файли Android-проекту формують окремий набір даних для інтелектуального аналізу. Файл AndroidManifest.xml містить інформацію про компоненти застосунку, дозволи та налаштування запуску. Gradle-файли визначають залежності, версії бібліотек, модулі й параметри

складання. Файли ресурсів містять текстові значення, стилі, теми, зображення та XML-опис інтерфейсу. Ці артефакти формують повніший контекст проєкту, ніж аналіз лише окремих програмних файлів [1; 2].

Узагальнену схему використання методів штучного інтелекту для аналізу Android-проєкту наведено на рисунку 1.

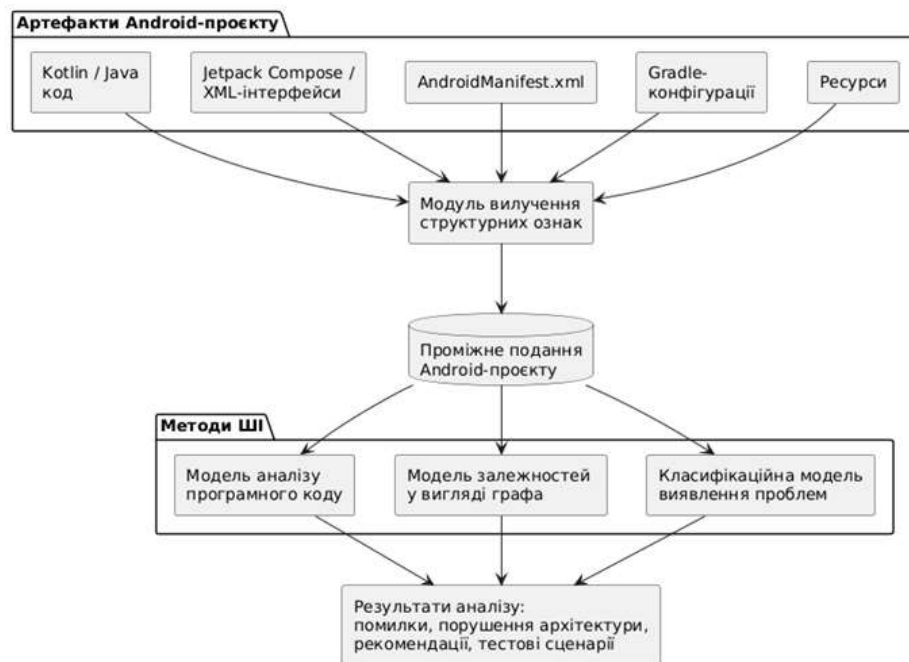


Рис. 1 – Схема інтелектуального аналізу структури Android-проєкту

Інтелектуальний аналіз Android-проєкту починається з вилучення структурних ознак із наявних артефактів. На основі коду, компонентів інтерфейсу, файлу маніфесту, Gradle-конфігурацій і ресурсів формується проміжне подання проєкту. Це подання може містити інформацію про класи, модулі, залежності, екрани, дозволи, ресурси та зв'язки між архітектурними рівнями. Далі до нього застосовуються моделі аналізу програмного коду, моделі залежностей у вигляді графа і класифікаційні моделі виявлення проблем [4; 5].

Результатом такого аналізу є не окремий фрагмент коду, а набір практичних рекомендацій для розробника. Система може вказати на порушення архітектурних меж, неузгодженість між ресурсами та кодом, потенційні проблеми в залежностях, дублювання логіки або недостатнє покриття тестами. У подальшому ці результати можуть використовуватися для автоматизованого рефакторингу, генерації тестових сценаріїв, документування модулів або підтримки прийняття рішень під час розвитку Android-застосунку [2; 3; 5].

Висновки

Отже, у роботі визначено основні артефакти Android-проєкту, які можуть використовуватися як джерела даних для інтелектуального аналізу: програмний код, компоненти інтерфейсу, файл AndroidManifest.xml, Gradle-конфігурації, ресурси та залежності між модулями. Розглянуто застосування моделей програмного коду, графового подання структури проєкту та класифікаційних методів для аналізу Android-застосунків. Встановлено, що такі методи можуть бути використані для виявлення архітектурних невідповідностей, дублювання логіки, помилок інтеграції, проблем конфігурації та ускладнень супроводу. Узагальнена схема інтелектуального аналізу структури Android-проєкту ігрової системи може бути використана як основа для подальших досліджень методів розробки Android-застосунків із застосуванням штучного інтелекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Android Developers. Guide to app architecture [Електронний ресурс]. URL: <https://developer.android.com/topic/architecture> (дата звернення: 11.05.2026).

2. Verdecchia R., Malavolta I., Lago P. Guidelines for architecting Android apps: a mixed-method empirical study. 2019 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA). Hamburg, Germany, 25–29 March 2019. IEEE, 2019. P. 141–150. DOI: 10.1109/ICSA.2019.00023.
3. Habchi S., Moha N., Rouvoy R. Android code smells: from introduction to refactoring. Journal of Systems and Software. 2021. Vol. 177. Article 110964. DOI: 10.1016/j.jss.2021.110964.
4. Feng Z., Guo D., Tang D., Duan N., Feng X., Gong M., Shou L., Qin B., Liu T., Jiang D., Zhou M. CodeBERT: a pre-trained model for programming and natural languages. Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2020. Online, 2020. P. 1536–1547. DOI: 10.18653/v1/2020.findings-emnlp.139.
5. Guo D., Ren S., Lu S., Feng Z., Tang D., Liu S., Zhou L., Duan N., Svyatkovskiy A., Fu S., Tufano M., Deng S. K., Clement C., Drain D., Sundaresan N., Yin J., Jiang D., Zhou M. GraphCodeBERT: pre-training code representations with data flow [Електронний ресурс]. International Conference on Learning Representations (ICLR 2021). 2021. URL: <https://openreview.net/forum?id=jLoC4ez43PZ> (дата звернення: 11.05.2026).

УДК 004.8:004.94:004.42

ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУР ІГРОВОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІМЕРСИВНИХ NPC-СИСТЕМ У РУШІІ UNREAL ENGINE

ПАВЛЕНКО І.В. (Pavlenko.In.V@nmu.one)

СОКОЛОВА Н.О. (Sokolova.N.O@nmu.one)

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Метою дослідження став порівняльний аналіз систем керування ШІ: традиційних скінчених автоматів (FMS) та ієрархічних дерев поведінки (BT). Обґрунтовано ефективність використання дерев поведінки для створення імерсивної поведінки NPC, що є важливою складовою при забезпеченні високого рівня занурення гравця в ігровий простір.

У інтерактивних ігрових системах ключовим аспектом є створення реалістичної поведінки неігрових персонажів (NPC). Традиційні підходи до програмування логіки не забезпечують необхідної гнучкості, мають обмежену масштабованість і складні в підтримці при збільшенні складності сценаріїв, що, в свою чергу, знижує якість ігрового досвіду.

Створення складних систем взаємодії в інді-проектах потребує інструментів, що дозволяють масштабувати логіку без великого збільшення витрат на розробку та налагодження коду. Актуальність цього дослідження обумовлена необхідністю пошуку оптимальної архітектури, що поєднує продуктивність ігрового рушія та більш глибоке занурення гравця в ігровий процес.

Традиційним підходом до створення ШІ є скінченні автомати (FSM), що представляють собою набір станів, поєднаних логічними переходами. Перехід між ними здійснюється при виконанні визначених умов, а логіка поведінки реалізується безпосередньо всередині кожного стану. Проте така структура є лінійною і часто обмежує гнучкість системи при створенні складної поведінки NPC [1].

Головним недоліком FSM систем є те, що при додаванні нових станів кількість зв'язків між ними зростає, перетворюючи логіку на код, який майже неможливо масштабувати. Натомість, дерева поведінки (BT) пропонують ієрархічну структуру рішень. Замість переходів між станами NPC, ця система використовує обхід вузлів від кореня до «листіків», де кожен вузол повертає один з трьох статусів: успіх, невдача або виконання. Це дозволяє відокремити умови виконання від самих дій, роблячи систему гнучкою та модульною.

В рушії Unreal Engine архітектура дерева поведінки тісно пов'язано з компонентом Blackboard, що є сховищем даних для ШІ. Blackboard є пам'яттю персонажа, що зберігає необхідні змінні. Сама структура дерева базується на трьох основних типах вузлів:

1. Composites (Selectors та Sequences) – селектори намагаються знайти хоча б одну успішну гілку, що підходить для вибору між різними варіантами поведінки. Секвенсори виконують дії послідовно.
2. Decorators – вузли-умови, що виконують роль фільтрів.
3. Tasks – безпосередні виконавчі вузли, що реалізують конкретні дії персонажа.
4. Services – виконують код із заданою частотою, забезпечуючи реактивність системи [2].

Замість того, щоб прописувати всю логіку всередині ШІ персонажа, об'єкти ігрового світу самі надають дані про доступні взаємодії. Дерево поведінки аналізує ці дані через компоненти сприйняття AI Perception. На відміну від прямого зчитування координат об'єктів з пам'яті рушія, ця система імітує біологічні органи чуття: зір, слух та відчуття дотику. Це дозволяє NPC реагувати не на факт наявності об'єкта в ігровому світі, а на факт його виявлення в межах видимості або зоні чутності. Такий підхід усуває ефект "всезнаючого ШІ", що є критично важливим для створення реалістичного досвіду. Наприклад, персонаж може розпочати взаємодію з об'єктом лише після того, як він потрапить у його конус зору, що додає ігровому процесу логічної обґрунтованості та глибини.

Коли NPC ініціює алгоритм пошуку роботи, дерево поведінки проводить ітераційне опитування навколишніх об'єктів. Об'єкти середовища виступають носіями інформації, вони передають агенту не лише свої координати, а й конкретні дані. Це дозволяє створювати складні, багаторівневі сцени без необхідності індивідуального програмування шляхів чи логіки для кожного окремого NPC. Такий підхід забезпечує високу масштабованість ігрового світу, де нові типи взаємодій можуть додаватися шляхом простого розміщення нових об'єктів на сцені.

Глибина занурення гравця у віртуальне середовище безпосередньо залежить від деталізації поведінки неігрових персонажів у періоди відсутності прямих ігрових завдань. Дерева поведінки надають інструменти для реалізації «мікро-поведінки» (micro-behaviors) – коротких процедурних дій, що заповнюють паузи в основному ігровому часі.

Замість статичного очікування, активуються додаткові гілки логіки, які відповідають за дрібну моторику або соціальні реакції, візуальний аналіз оточення, перевірку інвентарю чи реакцію на погляд гравця. Модульність дерева поведінки дозволяє паралельно виконувати або швидко чергувати ці стани, створюючи безперервний потік активності. Така деталізація відповідає психологічним очікуванням гравця від реалістичної моделі поведінки, що є фундаментальним фактором створення імерсивного досвіду в ігрових системах.

Варто зауважити, що дерева поведінки в даному дослідженні розглядаються не лише як інструмент автоматизації, а як нарративний механізм. Через систему пріоритетів ВТ персонаж транслює свій характер та стан: наприклад, втомлений NPC може ігнорувати другорядні завдання, що створює глибший емоційний зв'язок з гравцем і збагачує історію без використання додаткових діалогів.

Окрім гнучкості логіки, архітектура Behavior Trees пропонує значні переваги в контексті оптимізації ресурсів центрального процесора. На відміну від FSM, де кожен активний агент може створювати постійне навантаження через часту перевірку умов переходу в кожному кадрі (Tick), ВТ в Unreal Engine використовує подійно-орієнтований підхід. Вузли дерева оновлюються лише тоді, коли відбуваються зміни в Blackboard або завершується виконання поточної задачі. Це дозволяє масштабувати кількість NPC на сцені без критичної втрати FPS. Використання сервісів (Services) з налаштованою частотою оновлення (Interval) дає розробнику можливість тонко балансувати між швидкістю реакції ШІ та загальною продуктивністю гри, що є вирішальним фактором для стабільної роботи інді-проектів на широкому спектрі апаратного забезпечення.

Отже, архітектура дерев поведінки (ВТ) є значно ефективнішою за традиційні скінченні автомати (FSM) при створенні складних ігрових просторів. Завдяки модульній структурі, використанню компонентів Blackboard та концепції «розумних об'єктів», ВТ дозволяють реалізувати адаптивну пріоритезацію дій та деталізовану мікро-поведінку NPC без ускладнення коду. Це забезпечує високий рівень імерсивності та масштабованості ігрової системи, що є важливим для сучасних інді-проектів. Перспективи подальших досліджень полягають в інтеграції дерев поведінки з алгоритмами машинного навчання для створення самонавчальних агентів у динамічному ігровому середовищі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] D. Jagdale, "Finite State Machine in Game Development," International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology, vol. 10, no. 1, pp. 384–390, Oct. 2021. [Online]. Available: ResearchGate Accessed: May 14, 2026.
- [2] A. Champandard, "Understanding Behavior Trees," DiVA Portal, 2016. [Online]. Available: DiVA Portal PDF. Accessed: May 14, 2026.

УДК 004.42:004.94:519.857

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА АЛГОРИТМІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОМАНДНОЇ ЕКОНОМІКИ В COUNTER-STRIKE 2 НА ОСНОВІ ЗАДАЧІ МНОЖИННОГО РЮКЗАКА

ПРИПЛОЦЬКИЙ О.О. (oleh.pryplotskyi-ip243@nung.edu.ua)

BOBK P.Б. (roman.vovk@nung.edu.ua)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У роботі представлено підхід до формалізації ігрової економіки Counter-Strike 2 як багатоагентної оптимізаційної задачі та розроблено програмну систему для автоматизованого визначення оптимальної конфігурації командної закупівлі. Запропонований алгоритм на основі задачі множинного рюкзака забезпечує ефективний розподіл ресурсів між гравцями з урахуванням ролей, обмежень та стратегічних сценаріїв гри.

Метою даного дослідження є розробка та програмна реалізація автономного алгоритмічного агента, здатного здійснювати оперативний розрахунок оптимальної конфігурації закупівлі для команди з п'яти гравців із точністю, співставною з рівнем професійної аналітики. У межах поставленої мети ключовим завданням виступає побудова формалізованої моделі ігрової економіки, інтерпретованої як багатоагентна математична система з урахуванням взаємодії індивідуальних стратегій та глобальних обмежень. Програмна реалізація розробленого підходу виконана мовою Python і базується на принципах декомпозиції архітектури: система складається з обчислювального ядра, що використовує методи динамічного програмування, а також інтерактивного графічного інтерфейсу, реалізованого із застосуванням бібліотеки Gradio.

Гра Counter-Strike 2 належить до класу змагальних тактичних шутерів, у яких управління внутрішньоігровими фінансовими ресурсами є однією з визначальних складових ігрового процесу [1]. Базова ігрова механіка передбачає необхідність раціонального розподілу обмеженого бюджету на придбання озброєння, захисного спорядження та тактичних засобів у стислий часовий інтервал перед початком кожного раунду. Незважаючи на існування усталених мета-стратегій, у реальних умовах змагальної діяльності гравці часто демонструють субоптимальну поведінку, що проявляється у відсутності координації закупівель, нехтуванні критично важливими елементами екіпірування (зокрема, наборами для знешкодження) або неефективному розподілі фінансових ресурсів відповідно до ігрових ролей. У зв'язку з цим розробка інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у подібних задачах набуває актуальності в контексті сучасних досліджень у галузі ігрової аналітики та операційного дослідження [2].

Програмний комплекс реалізовано у вигляді модульної системи, що забезпечує гнучкість масштабування та можливість подальшої модифікації. Для коректного функціонування алгоритмічного ядра було здійснено повну формалізацію економічної моделі гри шляхом її цифрового відображення. У структурі системи виокремлюються такі функціональні компоненти. По-перше, алгоритм генерації пулу предметів, який формує множину доступних категорій екіпірування (основна зброя, пістолети, броня, гранати) з урахуванням обраної сторони протистояння (Terrorist або Counter-Terrorist). По-друге, механізм моделювання рольової взаємодії, що реалізує систему пріоритетів для п'яти ключових ігрових амплуа (старплесер, снайпер, опорний гравець, сапорт, капітан) на основі динамічних вагових коефіцієнтів. По-третє, підсистема глобальних обмежень, яка забезпечує контроль за унікальністю окремих видів екіпірування,

зокрема запобігає одночасному придбання декількох снайперських гвинтівок у межах однієї команди. Завершальним компонентом є графічний інтерфейс користувача, що надає засоби візуалізації поточного стану системи, включаючи формування індивідуальних чеків закупівлі та агрегованих показників ефективності команди.

Функціонування алгоритмічного ядра ґрунтується на принципах комбінаторної оптимізації, зокрема на послідовному переборі допустимих конфігурацій екіпірування для кожного гравця з урахуванням обмежень і взаємозалежностей. На кожному етапі обчислювального процесу здійснюється максимізація цільової функції командної ефективності F_{team} , яка агрегує індивідуальні внески гравців у загальний результат. Формалізація цієї функції має вигляд:

$$F_{team} = \sum_{i=1}^5 (W_i \cdot k_{wi} + A_i + K_i \cdot k_{ki} + U_i \cdot k_{ui}) \quad (1)$$

де W_i , A_i , K_i , U_i — базова цінність обраної зброї, броні, наборів знешкодження та гранат відповідно для i -го гравця, а k_{wi} , k_{ki} , k_{ui} — відповідні рольові вагові коефіцієнти.

Оцінювання ефективності здійснюється з урахуванням низки параметричних характеристик, серед яких ключовими є забезпечення ексклюзивності окремих видів озброєння (зокрема, жорстка прив'язка снайперських гвинтівок до ролі снайпера та заборона їх дублювання), підвищена пріоритезація тактичного спорядження для окремих ролей шляхом варіювання вагових коефіцієнтів, моделювання критичної важливості наборів для знешкодження через штучне збільшення їх внеску в цільову функцію, а також реалізація механізмів взаємовиключення, які унеможливають економічно нераціональні комбінації закупівель.

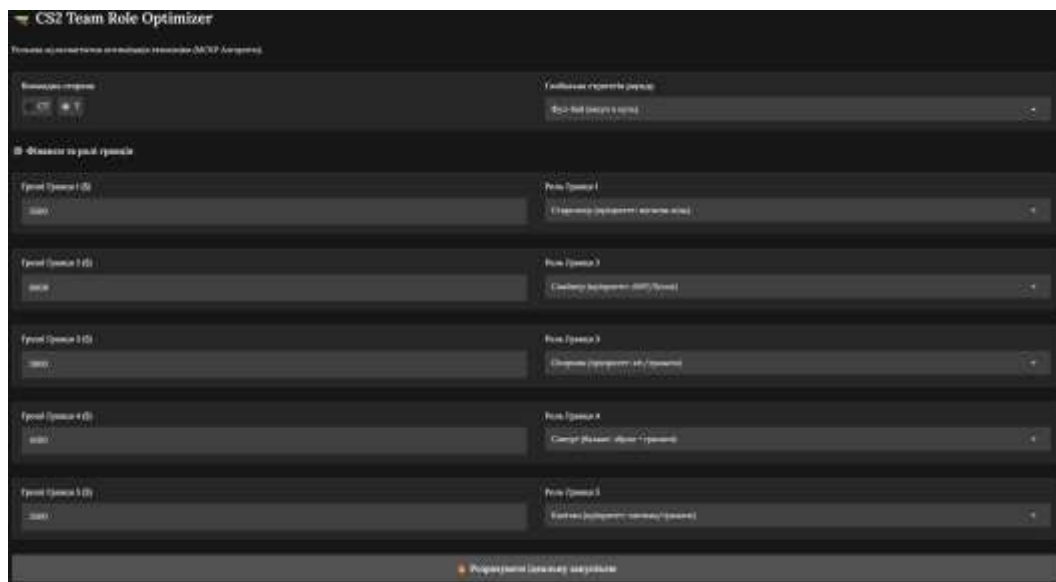


Рис. 1 – Панель введення фінансових даних та ігрових ролей екіпажу



Рис. 2 – Результати багатоагентної оптимізації командної закупівлі

З огляду на те, що повний перебір усіх можливих комбінацій характеризується експоненційною складністю, у межах обчислювального ядра було реалізовано алгоритм розв'язання задачі про рюкзак із множинним вибором (Multiple-Choice Knapsack Problem, МСКР) [3]. Даний підхід передбачає декомпозицію множини екіпірування на підмножини взаємовиключних альтернатив (наприклад, різні конфігурації гранат), з яких обирається рівно один елемент, що максимізує цільову функцію за умови дотримання бюджетних обмежень. При цьому індивідуальні бюджети гравців адаптуються відповідно до обраної командної економічної стратегії (економічний раунд, часткова закупівля або повна закупівля), що дозволяє враховувати динаміку ігрового процесу.

У підсумку проведеного дослідження було розроблено програмну систему, яка забезпечує ефективну оптимізацію розподілу віртуальних ресурсів у складному багатопараметричному середовищі. Результати експериментального моделювання підтвердили здатність запропонованого алгоритму адаптивно перерозподіляти фінансові ресурси між гравцями з урахуванням їх ролей та суворих ігрових обмежень. Запропонована модель має потенціал для інтеграції у сучасні аналітичні платформи післяматчевого аналізу, а також може бути використана тренерським штабом кіберспортивних команд для формування обґрунтованих економічних стратегій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «CS2 Economy Guide: How to Manage Your Money» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.hltv.org/news/cs2-economy-guide>
2. «Data-Driven Decision Making in Esports Analytics» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/dss-esports>
3. «Multiple-choice knapsack problem - Wikipedia» [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Continuous_knapsack_problem#Multiple-choice_knapsack_problem

УДК 004.8

ІІІ АСИСТЕНТ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ПОВЕДІНКОЮ НЕКЕРОВАНИХ ГРАВЦЕМ ПЕРСОНАЖІВ

ПРОКОПЕНКО Р.О. (romio04pro@gmail.com)

Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті (Україна)

Реферат. Дана робота розглядає тему інтеграції штучного інтелекту в системи прийняття рішень та поведінки некерованих гравцем персонажів (NPC). Також описано процес проектування та взаємодії ІІІ з ігровим світом та гравцем, де кожен компонент спроектовано згідно з сучасними стандартами розробки програмного забезпечення та вимогами до масштабованості архітектури.

Актуальність такого підходу зумовлена тим, що автоматизація генерації поведінкових петернів є критично важливою для створення живого ігрового світу, динамічного балансування складності та забезпечення глибокого занурення гравця у гру. Впровадження інноваційних технологій дозволяє суттєво зменшити навантаження на геймдизайнерів, спростити процеси створення розгалуженості поведінки NPC, що залишається складною частиною при створенні поведінки та логіки для некерованих гравцем персонажів.

ІІІ асистент створить єдиний інформаційний простір та забезпечить безперебійний взаємозв'язок між клієнтами, адміністраторами та задіяними співробітниками. Практичне застосування цього підходу мінімізує кількість помилок, спричинених людським фактором під час ручного планування, допоможе раціонально оптимізувати графік роботи співробітників і, як наслідок, значно підвищить рівень задоволеності клієнтів завдяки швидкій та зручній системі.

Для втілення даної концепції у життя в проєкті було використано оптимальний технологічний стек. Для реалізації інтелектуальної складової, автоматизації бекенд-процесів та побудови логічних пайплайнів було обрано платформу n8n, яка надає широкі та гнучкі можливості інтеграції з різними моделями штучного інтелекту та ігровими рушіями (наприклад, Unity). Також

для надійного збереження ігрового прогресу, структурування даних про стан світу та інвентар інтегровано реляційну базу даних MySQL, а для взаємодії з ком'юніті – платформи Discord. Поєднання цих інструментів гарантує високу продуктивність сервера, цілісність збережених даних, доступність багатокористувацьких сервісів 24/7 та простоту подальшого випуску патчів.

Взаємодія елементів системи побудована на принципі циклічного обміну даними: інтерфейс користувача передає запити клієнтів до платформи n8n, яка виступає інтеграційним центром. ШІ-модуль аналізує вхідну інформацію, звіряє її з актуальними даними про розклад у СУБД MySQL та формує оптимальне рішення (наприклад, пропонує вільний слот для запису). Після підтвердження події база даних автоматично оновлює стан світу, а гравець бачить миттєві зміни в грі. Приклад принципу взаємодії частин представлено на рис. 1.

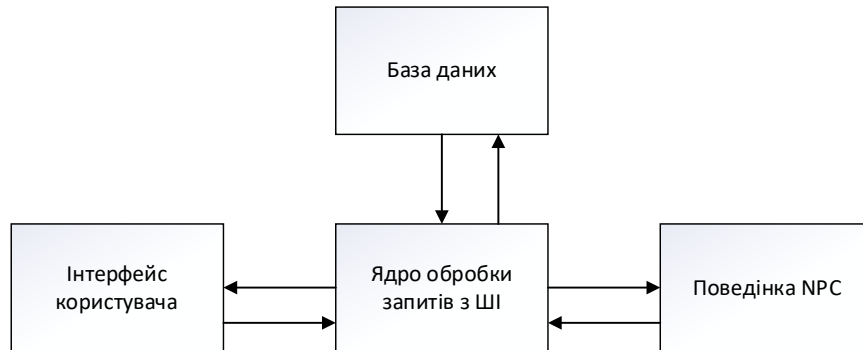


Рис. 1 – Приклад використання ШІ як елемент прийняття рішень

Висновки. У ході роботи було спроектовано інтелектуальну систему, що кардинально змінює підхід до розробки динамічних ігрових світів. Використання ШІ у поєднанні з надійними інструментами серверної автоматизації дозволяє не лише зняти рутинне навантаження з розробника, а й фактично виключити статичність поведінки NPC. Запропоноване архітектурне рішення на базі n8n та MySQL є масштабованим і гнучким, що дає можливість бізнесу адаптувати ігрові механіки під зворотній зв'язок аудиторії, забезпечуючи високий рівень реіграбельності та операційну ефективність проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гудфеллоу І., Бенджіо Й., Курвілль А. Глибинне навчання. – MIT Press, 2016.
2. Дікс А., Фінлей Дж., Абоуд Г., Біл Р. Людино-комп'ютерна взаємодія. – Pearson, 2004.
3. ISO/IEC 25010:2011. Інженерія систем і програмного забезпечення. Моделі якості.

УДК 004.8

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ СЦЕН НА ОСНОВІ ДИСТИЛЯЦІЇ ЗНАНЬ

ПРУС Б.В., РАКИТЯНСЬКА Г.Б. (bohdan.prus.vntu@gmail.com, rakit@vntu.edu.ua),
Вінницький національний технічний університет

У статті досліджується проблема оптимізації надійності програмних систем аналізу сцен на основі дистиляції знань з обмеженими обчислювальними ресурсами. Запропоновано метод, який поєднує логіко-алгоритмічні моделі надійності, нечітку оцінку ризиків та нечіткі правила на основі прототипів, для оцінки ризиків, пов'язаних з втратою ознак, пропущеним виявленням об'єктів, невизначеною класифікацією та неправильною інтерпретацією сцени після стиснення моделі. Запропонований метод дозволяє проводити інтерпретовану оцінку надійності легких систем штучного інтелекту, зберігаючи при цьому низьку обчислювальну складність для мобільного та периферійного розгортання.

Методи глибокого навчання активно використовуються в системах аналізу сцен для виявлення об'єктів, семантичної інтерпретації та прийняття рішень в інтелектуальних середовищах [1]. Нещодавні дослідження демонструють високу ефективність глибоких нейронних архітектур у завданнях розуміння сцен; однак їх розгортання на мобільних та периферійних пристроях залишається складним завданням через обмежені обчислювальні ресурси, обмеження пам'яті та вимоги до енергоспоживання [2].

Дистиляція знань є одним з найефективніших підходів до зменшення складності глибоких нейронних мереж. В архітектурах «вчитель-учень» компактна модель учня навчається відтворювати поведінку складної моделі вчителя, значно знижуючи обчислювальні витрати [3,4]. Тим не менш, стиснення моделі часто призводить до погіршення якості представлення ознак та збільшує невизначеність інтерпретації сцени.

У системах аналізу сцен, що працюють у реальному часі, погіршення надійності може призвести до пропущеного виявлення об'єктів, неправильної семантичної інтерпретації та нестабільного прийняття рішень [5]. Тому розробка методів оптимізації, орієнтованих на надійність, для легких систем штучного інтелекту є важливою науковою та практичною проблемою.

Запропонований метод об'єднує дистиляцію знань, логіко-алгоритмічне моделювання надійності, нечітку оцінку ризику та представлення сцени на основі прототипу.

На першому етапі нейронна мережа вчителя виконує аналіз сцени та генерує семантичні представлення об'єктів та зв'язків у сцені. Потім застосовується дистиляція знань для перенесення отриманих знань у спрощену модель учня, придатну для розгортання на мобільних пристроях.

Для оцінки цих ризиків вводиться нечітка модель надійності. Надійність системи аналізу сцени оцінюється за допомогою наступного співвідношення:

$$R = 1 - P(D) \quad (1)$$

де

R – надійність програмної системи;

$P(D)$ – ймовірність виникнення дефектів після дистиляції знань.

Процес розробки та розгортання програмної системи представлено за допомогою логіко-алгоритмічних структур типу робота-контроль-добробка.

Нечіткі правила на основі прототипів використовуються для представлення семантики сцени та забезпечення інтерпретованих механізмів виведення [6, 7]. Оцінка надійності виконується за допомогою таких нечітких оцінок, як якість збереження ознак, правильність виявлення об'єктів, достовірність інтерпретації сцени, стабільність класифікації.

У таблиці 1 представлено основні ризики, пов'язані з дистиляцією знань у легких системах аналізу сцен.

Таблиця 1 – Ризики легких систем аналізу сцен після дистиляції знань

Тип ризику	Причина	Наслідок
Втрата ознак сцени	Стиснення моделі	Зниження точності класифікації
Виявлення пропущених об'єктів	Спрощене представлення ознак	Неможливість виявлення критичних об'єктів сцени
Невизначена класифікація	Граничні ситуації сцени	Нестабільне прийняття рішень
Неправильна інтерпретація сцени	Неповне семантичне представлення	Погіршення надійності

Запропонована нечітка модель оцінки надійності дозволяє проводити інтерпретований аналіз невизначеності та підтримує орієнтовану на надійність оптимізацію програмних систем аналізу сцен.

Запропоновано метод оптимізації надійності програмної системи аналізу сцен на основі дистиляції знань. Метод поєднує логіко-алгоритмічні моделі надійності, нечітку логіку та представлення сцени на основі прототипів для оцінки та оптимізації надійності легких систем штучного інтелекту, що працюють на пристроях з обмеженими ресурсами.

Запропонований підхід дозволяє оцінити ризики, пов'язані зі стисненням моделі, включаючи втрату ознак, виявлення пропущених об'єктів, невизначену класифікацію та неправильну інтерпретацію сцени. Використання нечітких правил на основі прототипів забезпечує інтерпретованість результатів аналізу сцени та підтримує прийняття рішень, орієнтованих на надійність.

Розроблений метод може бути застосований у мобільних та периферійних інтелектуальних системах, які потребують надійного аналізу сцени в режимі реального часу за обмежених обчислювальних ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Awan A. A. et al. Deep Learning Methods for Scene Understanding in Autonomous Driving: A Review // Expert Systems with Applications. – 2025. – Vol. 254. – Article 128098. DOI: 10.1016/j.eswa.2025.128098.
2. Jiao X. et al. RS-YOLO for Efficient Road Scene Object Detection // Digital Signal Processing. – 2024. – Vol. 154. – Article 104889. DOI: 10.1016/j.dsp.2024.104889.
3. Hinton G., Vinyals O., Dean J. Distilling the Knowledge in a Neural Network // Neural Information Processing Systems Deep Learning Workshop. – 2015. – URL: arXiv:1503.02531
4. Gou J., Yu B., Maybank S., Tao D. Knowledge Distillation: A Survey // International Journal of Computer Vision. – 2021. – Vol. 129, № 6. – P. 1789–1819. DOI: 10.1007/s11263-021-01453-z.
5. Niu Y. et al. Important Object Detection through Driving Scene Relationship Understanding // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 1–14. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3351234.
6. Pedrycz W. Granular Computing: Analysis and Design of Intelligent Systems. – Boca Raton : CRC Press, 2018. – 320 p. DOI: 10.1201/9781315120837.
7. Angelov P., Gu X. Deep Rule-Based Classifier with Human-Level Performance and Characteristics // Information Sciences. – 2018. – Vol. 463–464. – P. 196–213. DOI: 10.1016/j.ins.2018.06.047.

УДК 004.5:004.93:004.8

ВИКОРИСТАННЯ КОГНІТИВНИХ BDI-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПРОАКТИВНИХ ІГРОВИХ AR-ІНТЕРФЕЙСІВ

ПУЧКОВ В.О. (diebulette@gmail.com)

Національний університет «Одеська юридична академія»

У роботі розглядається проблема переходу від реактивних до проактивних систем доповненої реальності (AR). На основі аналізу сучасних підходів до людино-машинної взаємодії запропоновано концепцію проактивного інтерфейсу, що базується на синергії мультимодального аналізу поведінкових даних та когнітивного моделювання за архітектурою Belief-Desire-Intention (BDI). Особливу увагу приділено методам інтеграції різноманітних сенсорних потоків для прогнозування дій користувача в реальному часі.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку технологій доповненої реальності більшість систем залишаються реактивними, тобто такими, що функціонують за принципом «запит–відповідь». У динамічних ігрових середовищах це створює суттєвий часовий та семантичний розрив між виникненням потреби у користувача та моментом її технічної реалізації системою. Як зазначають дослідники, ефективна взаємодія в AR вимагає мінімізації когнітивного навантаження через впровадження природних інтерфейсів [1]. Еволюція AR-технологій вимагає

переходу до інтелектуальних середовищ, здатних передбачати наміри користувача ще до моменту їхнього явного вираження.

Постановка завдання. Метою роботи є теоретичне обґрунтування та розробка підходів до побудови прогностичних AR-систем. Основна увага зосереджена на вирішенні проблеми синхронізації мультимодальних сигналів (жести, погляд, голос) та їх інтерпретації за допомогою когнітивних моделей для проактивної адаптації ігрового простору.

Виклад суті дослідження. Фундаментом проактивної взаємодії є мультимодальна інтеграція, яка забезпечує вищу точність виконання завдань за рахунок використання декількох каналів введення одночасно [2]. Для реалізації справжньої проактивності система має не лише розпізнавати поточні акти, а й моделювати внутрішній стан користувача. Найбільш перспективним апаратом для такої формалізації виступає BDI-модель (Belief-Desire-Intention). Вона дозволяє описати стан гравця через його «переконання» про віртуальний світ, «бажання» (потенційні ігрові цілі) та «наміри» (конкретні плани дій). Практичне застосування цієї моделі, наприклад у системі Satori, підтверджує можливість успішного формування проактивних підказок на основі аналізу намірів у реальному часі [3]. Особливе місце в архітектурі займає відстеження погляду (eye-tracking) як маркер поточної уваги. Поєднання даних про погляд із методами машинного навчання дозволяє прогнозувати траєкторії взаємодії з точністю, недоступною для класичних інтерфейсів. При цьому архітектура системи повинна враховувати ймовірнісний характер людської поведінки, що успішно реалізується за допомогою марківських моделей для прогнозування наступних кроків оператора [4]. Такий підхід трансформує AR-інтерфейс із пасивного шару візуалізації на інтелектуального асистента, здатного до превентивної адаптації сцени під потреби гравця [5].

Висновки. Впровадження проактивних моделей на основі BDI-архітектури дозволяє вивести ігровий досвід в AR на новий рівень інтуїтивності. Використання мультимодального аналізу не лише підвищує продуктивність взаємодії, а й забезпечує динамічну адаптацію системи до індивідуального стилю користувача. Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію цих моделей для роботи на мобільних пристроях із обмеженими обчислювальними ресурсами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. S. M. Nizam et al., "A review of multimodal interaction technique in augmented reality environment," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 8, no. 4-2, p. 1460, 2018.
2. J. C. Kim, T. H. Laine, and C. Åhlund, "Multimodal interaction systems based on internet of things and augmented reality: a systematic literature review," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 4, art. 1738, 2021.
3. C. Li et al., "Satori: towards proactive AR assistant with belief-desire-intention user modeling," in *Proc. 2025 CHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst.*, 2025, pp. 1–24.
4. Y. Kanarskyi et al., "Markov modelling of human-machine interaction in an augmented reality environment for UAV/UGV-based hazardous area monitoring systems," *Radioelectron. Comput. Syst.*, no. 4, pp. 35–54, 2025.
5. R. Para, "Intent prediction in AR shopping experiences using multimodal interactions," *J. Artif. Intell. Gen. Sci. (JAIGS)*, vol. 7, no. 1, pp. 52–62, 2024.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ НАСТІЛЬНИХ ІГОР НА ОСНОВІ КОГНІТИВНИХ КАРТ

РАКИТЯНСЬКА Г. Б. (rakit@vntu.edu.ua),

ЧЕРНЮК С. І. (sergblackman1@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

У роботі розглянуто підхід до моделювання процесу розробки програмного забезпечення на основі когнітивних карт. Як предмет дослідження обрано платформу для створення настільних ігор, що характеризується високою складністю та необхідністю забезпечення надійності на всіх етапах життєвого циклу. Запропоновано ітеративну модель життєвого циклу програмного забезпечення та побудовано когнітивні карти для кожного етапу розробки. Проведено аналіз впливу ключових концептів та міжетапних зв'язків на показник надійності системи. Отримані результати демонструють ефективність використання когнітивного підходу для формалізації взаємозв'язків у процесі розробки ПЗ.

Сучасні програмні системи характеризуються високою складністю, динамічністю вимог та необхідністю постійного вдосконалення [1]. Особливо це стосується інтерактивних платформ, таких як системи для створення настільних ігор, де важливу роль відіграють як архітектурні рішення, так і якість реалізації окремих компонентів.

У таких умовах традиційні підходи до моделювання життєвого циклу ПЗ є недостатніми для врахування складних причинно-наслідкових зв'язків між етапами розробки [2]. Тому актуальним є застосування когнітивних карт, які дозволяють формалізувати взаємозв'язки між факторами та оцінювати їх вплив на ключові характеристики системи, зокрема надійність програмного забезпечення [3].

Метою роботи є моделювання процесу розробки ПЗ з використанням когнітивних карт для оцінки впливу етапів життєвого циклу на надійність платформи створення настільних ігор.

Для розробки платформи створення настільних ігор доцільно використати ітеративну модель життєвого циклу, яка широко застосовується в сучасній інженерії програмного забезпечення [4]. Такий підхід є виправданим, оскільки платформа є складною інтерактивною системою, яка розвивається поступово. У процесі розробки передбачається поетапне розширення функціональності, включаючи редактор ігор, реалізацію механік та інтерфейсу користувача, а також врахування активного зворотного зв'язку від користувачів. Крім того, вимоги до системи можуть змінюватися в процесі розробки, тому ітеративна модель дозволяє гнучко реагувати на такі зміни та уточнювати рішення на кожному етапі.

Основні етапи життєвого циклу програмного забезпечення для даної платформи включають послідовність взаємопов'язаних стадій:

1. Аналіз вимог та механік настілок.
2. Проєктування архітектури платформи.
3. Розробка редактора.
4. Реалізація логіки та рушія.
5. Тестування платформи.
6. Впровадження та підтримка.

Кожен етап формує окрему частину загального процесу створення програмного продукту та впливає на кінцеву якість і надійність системи.

Метою проєкту є забезпечення високої надійності платформи для створення настільних ігор. Це передбачає стабільну роботу системи, мінімізацію кількості дефектів, а також забезпечення коректної взаємодії всіх компонентів на різних етапах життєвого циклу.

Когнітивне моделювання кожного етапу дозволяє формалізувати вплив окремих факторів на якість та надійність програмного забезпечення. Для кожного етапу виділено набір ключових концептів, що відображають основні характеристики процесу розробки, а також їх взаємозв'язки (табл. 1-6):

1. Аналіз вимог та механік настілок:
 - С1-1: Повнота збору вимог;

- C1-2: Якість опису механік;
- C1-3: Невизначеність вимог;
- C1-4: Якість специфікації;
- C1-5: Надійність ПЗ.

Таблиця 1 – Зв'язки концептів етапу «Аналіз вимог та механік настілок»

C1-1	C1-2	C1-3	C1-4	C1-5	
0.3	0	-0.6	0	0	C1-1
0	0.3	-0.4	0	0	C1-2
0	0	0.2	-0.5	0	C1-3
0.6	0.5	-0.3	0.2	0.7	C1-4
0.8	0.7	-0.6	0.6	0.2	C1-5

2. Проєктування архітектури платформи:

- C2-1: Якість архітектури;
- C2-2: Модульність системи;
- C2-3: Складність інтеграції;
- C2-4: Масштабованість;
- C2-5: Надійність ПЗ.

Таблиця 2 – Зв'язки концептів етапу «Проєктування архітектури платформи»

C1-1	C1-2	C1-3	C1-4	C1-5	
0.3	0	-0.4	0	0	C1-1
0	0.3	0.2	0.6	0	C1-2
0	0	0.2	-0.5	0	C1-3
0.5	0.6	-0.3	0.3	0.7	C1-4
0.8	0.7	-0.5	0.8	0.2	C1-5

3. Розробка редактора:

- C3-1: Якість UI/UX;
- C3-2: Функціональність редактора;
- C3-3: Кількість багів;
- C3-4: Продуктивність;
- C3-5: Надійність ПЗ.

Таблиця 3 – Зв'язки концептів етапу «Розробка редактора»

C1-1	C1-2	C1-3	C1-4	C1-5	
0.3	0.4	-0.3	0	0	C1-1
0	0.3	0.3	0	0	C1-2
0	0	0.2	-0.6	0	C1-3
0	0	0	0.3	0.6	C1-4
0.7	0.8	-0.7	0.7	0.2	C1-5

4. Реалізація логіки та рушія:

- C4-1: Коректність реалізації логіки;
- C4-2: Гнучкість рушія;
- C4-3: Кількість логічних помилок;
- C4-4: Продуктивність рушія;
- C4-5: Надійність ПЗ.

5. Тестування платформи:

- C5-1: Повнота тестування;
- C5-2: Якість тест-кейсів;
- C5-3: Кількість виявлених дефектів;

- C5-4: Автоматизація тестування;
- C5-5: Надійність ПЗ.

Таблиця 4 – Зв'язки концептів етапу «Реалізація логіки та рушія»

C1-1	C1-2	C1-3	C1-4	C1-5	
0.2	0	-0.5	0	0	C1-1
0	0.2	0.3	0	0	C1-2
0	0	0.1	0	-0.4	C1-3
0	0	0	0.3	0.5	C1-4
0.8	0.7	-0.3	0.8	0.2	C1-5

Таблиця 5 – Зв'язки концептів етапу «Тестування платформи»

C1-1	C1-2	C1-3	C1-4	C1-5	
0.3	0	-0.6	0	0	C1-1
0	0.3	-0.3	0.4	0	C1-2
0	0	0.2	-0.7	0	C1-3
0	0.5	-0.2	0.3	0.6	C1-4
0.8	0.7	-0.6	0.7	0.2	C1-5

6. Впровадження та підтримка:

- C6-1: Якість релізу;
- C6-2: Стабільність системи;
- C6-3: Кількість інцидентів;
- C6-4: Швидкість оновлень;
- C6-5: Надійність ПЗ.

Таблиця 6 – Зв'язки концептів етапу «Впровадження та підтримка»

C1-1	C1-2	C1-3	C1-4	C1-5	
0.3	0	-0.5	0.4	0	C1-1
0	0.3	-0.4	0.5	0	C1-2
0	0	0.2	-0.6	0	C1-3
0	0	0.3	0.3	0.6	C1-4
0.8	0.8	-0.7	0.7	0.2	C1-5

Між етапами життєвого циклу існують додаткові причинно-наслідкові зв'язки, які відображають вплив результатів попередніх стадій на наступні або зворотний вплив на попередні етапи. Так між етапами «Проектування архітектури платформи» і «Реалізація логіки та рушія» існують наступні зв'язки:

- якість архітектури → коректність реалізації логіки;
- модульність системи → гнучкість рушія;
- складність інтеграції → кількість логічних помилок;
- масштабованість → гнучкість рушія.

А між етапами «Впровадження та підтримка» і «Аналіз вимог та механік настілок» існують зворотні зв'язки:

- кількість інцидентів → якість опису механік;
- якість релізу → повнота збору вимог.

Отримані результати підтверджують, що надійність програмного забезпечення формується під впливом сукупності факторів на всіх етапах розробки. Найбільш критичними є етапи проектування, тестування та впровадження, які мають найбільший вплив на фінальну якість системи [5].

Запропонований підхід може бути використаний для подальшого аналізу складних програмних систем та підтримки прийняття рішень у процесі їх розробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sommerville I. Software Engineering. – 10th ed. – Pearson, 2015. – 816 p.

2. Pressman R.S. Software Engineering: A Practitioner's Approach. – 8th ed. – McGraw-Hill, 2014. – 976 p.
3. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 24. – Pp. 65–75.
4. IEEE Guide to Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK), 2014.
5. Stylios C.D., Groumpos P.P. Modeling Complex Systems Using Fuzzy Cognitive Maps // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 2004.

УДК 004.415.5:004.85

КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕФЕКТІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ANDROID-ДОДАТКУ ПОШУКУ УКРИТТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ GOOGLE MAPS ТА ALERTS.IN.UA

РАКИТЯНСЬКА Г.Б. (rakit@vntu.edu.ua),

МИСЛОВСЬКИЙ А.В. (antonmyslovskyi3@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

У роботі досліджено шляхи підвищення надійності Android-додатку для пошуку найближчих укриттів під час повітряної тривоги. Програмна система інтегрує картографічні сервіси Google Maps, Google Routes API, базу даних SQLite та API alerts.in.ua. Для аналізу впливу технічних і організаційних факторів на кожному етапі ітераційної моделі життєвого циклу побудовано когнітивні карти з кількісними причинно-наслідковими зв'язками; механізм ітераційного оновлення станів концептів пояснено без використання математичних формул, натомість наведено покроковий опис обчислень на конкретному прикладі. Окремо реалізовано класифікатор дефектів на основі логістичної регресії та ансамблевих методів, який за структурними метриками коду досягає точності 0.87, повноти 0.83 та F1-міри 0.84. Поєднання когнітивного моделювання та машинного навчання дозволяє завчасно виявляти критичні модулі (взаємодія з API, GPS, базою даних) і цілеспрямовано підвищувати стабільність застосунку в умовах підвищеної критичності.

Сучасні мобільні застосунки, що використовуються в умовах надзвичайних ситуацій, повинні забезпечувати безвідмовну роботу навіть за нестабільного мережевого з'єднання, обмежених апаратних ресурсів та високої психологічної напруги користувача. Прикладом такого програмного продукту є Android-додаток для пошуку найближчих укриттів із використанням Google Maps, Google Routes API та державного API alerts.in.ua для отримання сигналів повітряної тривоги. Забезпечення надійності подібної системи потребує ретельного проєктування і кількісного оцінювання впливу численних факторів на різних етапах розробки. Метою роботи є застосування когнітивних карт для моделювання процесу створення додатку та методів машинного навчання для прогнозування потенційно дефектних модулів на основі метрик коду.

Когнітивне моделювання життєвого циклу.

Розробку додатку реалізовано за ітераційною (інкрементальною) моделлю, що передбачала три основні ітерації: базова карта з маркерами укриттів (дані зберігались у SQLite), додавання маршрутів через Google Routes API та інтеграція API alerts.in.ua для сповіщень про тривогу. Для кожного з п'яти етапів життєвого циклу (аналіз вимог, проєктування, реалізація, тестування, впровадження та супровід) сформовано набір концептів – факторів, що впливають на підсумкову надійність. Між концептами встановлено причинно-наслідкові зв'язки з ваговими коефіцієнтами в діапазоні від -1 (сильний негативний вплив) до $+1$ (сильний позитивний вплив). Так, на етапі реалізації якість коду впливає на надійність із вагою $+0,9$, коректна робота з Google Maps – $+0,8$, з API alerts.in.ua – $+0,8$, точність GPS – $+0,7$, тоді як наявність програмних помилок знижує надійність на $-0,9$. Аналогічні матриці зв'язків побудовано для решти етапів; окремо враховано міжетапні впливи, наприклад, якість аналізу вимог підвищує ефективність проєктування на $+0,8$, а результати тестування можуть спричинити зміни у проєктуванні ($+0,7$) та уточнення вимог ($+0,6$).

Когнітивна карта працює як мережа взаємопов'язаних вузлів, стан якої змінюється поступово від початкових значень до сталого або коливного режиму. Спочатку кожен концепт отримує нейтральне значення (наприклад, 0,5). На кожному наступному кроці для обраного концепту обчислюється сума добутків поточних значень усіх пов'язаних із ним концептів на відповідні ваги. Отримана сума пропускається через спеціальну функцію, яка «стискає» результат у діапазон від 0 до 1 – це гарантує, що значення залишаються в розумних межах. Таким чином, якщо на концепт діють переважно позитивні фактори, його значення зростатиме; якщо негативні – спадатиме.

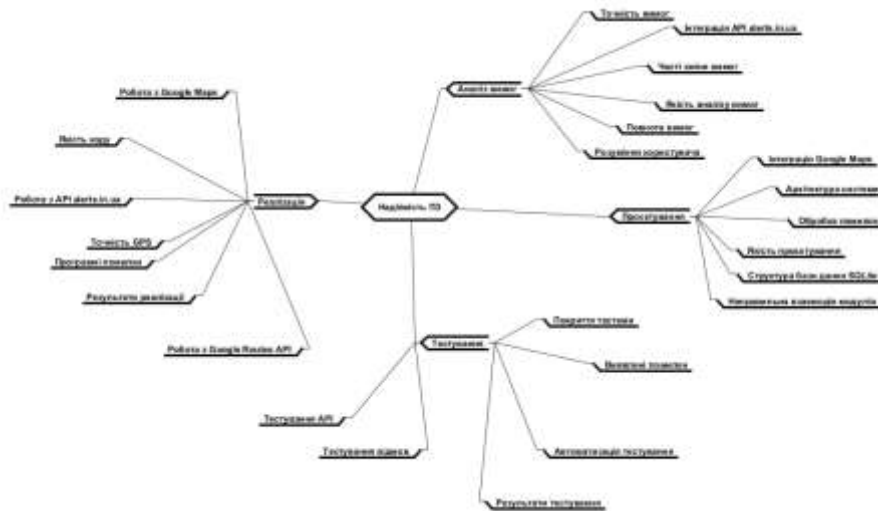


Рис. 1 – Когнітивна карта впливу факторів на надійність програмного забезпечення

Проілюструємо це на спрощеному фрагменті карти для етапу реалізації. Візьмемо чотири концепти: «якість коду» (позначимо К), «робота з API» (А), «програмні помилки» (П) та «надійність ПЗ» (Н). Відомо, що К впливає на Н із вагою +0,9; А – із вагою +0,8; П – із вагою –0,9. На початку всі концепти мають значення 0,5. Для отримання нового значення надійності підсумовуємо: 0,9 помножити на 0,5 (внесок якості коду), додати 0,8 помножити на 0,5 (внесок роботи з API), додати (–0,9) помножити на 0,5 (внесок помилок). Отримуємо $0,45 + 0,4 - 0,45 = 0,4$. Далі застосовуємо функцію активації, яка перетворює 0,4 у приблизно 0,6. Отже, після першого кроку надійність зросла з 0,5 до 0,6. На наступних кроках ці значення знову перераховуються, і якщо якість коду залишається високою, а помилки – низькими, надійність поступово прямує до одиниці. Повне моделювання, проведене в середовищі Python для карти з 25 концептами та міжетапними зв'язками, показало, що за сприятливого збігу факторів значення надійності досягає 0,97 після 8–10 ітерацій. Якщо ж у систему ввести збурення – нестабільність API alerts.in.ua, часті зміни вимог – надійність починає коливатися в межах 0,4–0,6, сигналізуючи про потребу в архітектурних або організаційних компенсаторних заходах.

Прогнозування дефектів методами машинного навчання.

Паралельно виконано прогнозування дефектів окремих модулів. Код представлено вектором кількісних метрик (цикломатична складність, кількість рядків, операторів, операндів, щільність коментарів, зв'язність, когезія); кожному модулю зіставлено мітку дефектності (0 – без помилок, 1 – дефектний). Навчальну вибірку сформовано на основі відкритих наборів NASA MDP та PROMISE Repository. Після кореляційного відбору ознак побудовано ансамблевий класифікатор на базі логістичної регресії, який пройшов навчання та крос-валідацію. Оцінка на тестових даних дала Accuracy = 0,87, Precision = 0,85, Recall = 0,83, F1-score = 0,84. Аналіз вагових коефіцієнтів моделі виявив, що найсильнішими предикторами дефектності є висока цикломатична складність та низька зв'язність модулів. У контексті розроблюваного додатку до таких модулів належать компоненти взаємодії з Google Maps, Google Routes API, alerts.in.ua, і модуль обробки GPS-даних та шар доступу до бази SQLite. Отже, прогнозна модель дозволяє зосередити обмежені ресурси тестування саме на цих критичних ділянках ще до виконання повного циклу верифікації.

Поєднання когнітивних карт і машинного навчання дає змогу комплексно підвищити надійність Android-додатку пошуку укриттів. Когнітивне моделювання із застосуванням ітераційного оновлення станів концептів наочно демонструє, як збалансований вплив позитивних факторів (якісний код, стабільні API, повноцінне тестування) приводить систему до цільового

рівня надійності, тоді як негативні чинники спричиняють деградацію. Класифікатор дефектів на основі структурних метрик коду забезпечує точність 0,87 і вказує на найуразливіші модулі, пов'язані із зовнішніми сервісами. Отримані результати можуть бути безпосередньо використані для оптимізації розподілу зусиль тестування та підвищення стійкості застосунку до відмов у реальних умовах експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sommerville, Software Engineering, 10th ed. Harlow, UK: Pearson, 2016.
2. B. Kitchenham and S. L. Pfleeger, "Software quality: the elusive target," IEEE Softw., vol. 13, no. 1, pp. 12–21, Jan. 1996, doi: 10.1109/52.476281.
3. T. Menzies, J. Greenwald, and A. Frank, "Data mining static code attributes to learn defect predictors," IEEE Trans. Softw. Eng., vol. 33, no. 1, pp. 2–13, Jan. 2007, doi: 10.1109/TSE.2007.25694.
4. M. Shepperd, D. Bowes, and T. Hall, "Researcher bias: The use of machine learning in software defect prediction," IEEE Trans. Softw. Eng., vol. 40, no. 6, pp. 603–616, Jun. 2014, doi: 10.1109/TSE.2014.2322358.
5. T. Menzies, B. Caglayan, E. Kocaguneli, J. Krall, F. Peters, and B. Turhan, "The tera-PROMISE Repository of Empirical Software Engineering Data," 2013. [Online]. Available: <http://openscience.us/repo> (Accessed: May 14, 2026).

УДК 004.89

ІНТЕГРАЦІЯ RAG ТА ПРОМПТ-ІНЖИНІРИНГУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ NPC У СЕРЕДОВИЩІ UNITY

РЯБЦЕВ Ю.Є., ПАНЧЕНКО В.І.

(Yurii.Riabtsev@cs.khpi.edu.ua, Volodymyr.Panchenko@khpi.edu.ua)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Реферат: У роботі розглянуто процес створення інтелектуальних неігрових персонажів (NPC) з використанням генерації, доповненої пошуком (RAG) та системних запитів (промптів). Описано практичну реалізацію ігрового застосунку в середовищі Unity, де гравець взаємодіє з персонажами для ідентифікації прихованої ролі. Проаналізовано вплив індивідуальних характеристик на варіативність відповідей та адаптивну складність ігрового процесу.

Постановка проблеми. Актуальність теми зумовлена необхідністю створення більш реалістичної взаємодії між гравцем і ігровим середовищем. Традиційні скриптовані діалоги не забезпечують достатнього рівня занурення, тому виникає потреба в інтеграції сучасних методів штучного інтелекту, здатних генерувати унікальні відповіді в режимі реального часу [1], враховуючи заданий ігровий контекст.

Перелік вирішених завдань. У процесі дослідження було вирішено такі завдання: 1) розроблено архітектуру інтерактивної взаємодії в ігровому рушії Unity; 2) реалізовано механізм передачі контексту (роль, емоційний стан, стиль мовлення) до мовної моделі через системні запити (system prompts); 3) спроектовано ігрову механіку пошуку «шпигуна» з системою штрафів та обмеженням у часі для стимулювання аналітичного мислення гравця.

Виклад суті дослідження. Розроблений ігровий застосунок базується на детективній механіці, де основною ідеєю є пошук «шпигуна» серед групи NPC шляхом аналізу їхніх відповідей у процесі живого діалогу. Інтерфейс головного меню надає доступ до основних налаштувань сесії та ознайомлює гравця з правилами (рис. 1).

Для генерації відповідей використано підхід, що спирається на елементи Retrieval-Augmented Generation (RAG). На відміну від стандартної генерації тексту, де великі мовні моделі (LLM) схильні до «галюцинацій», використання зовнішньої бази знань (контексту) дозволяє NPC формувати відповіді, що чітко відповідають заданому ігровому світу [2, 3]. Цей контекст містить

не лише роль персонажа (наприклад, лікар, поліцейський, програміст або цивільний), але й його приховані поведінкові патерни.



Рис. 1 – Головне меню гри

Інформація передається до мовної моделі у вигляді структурованого системного запиту (prompt). Останні дослідження в галузі промпт-інжинірингу для відеоігор підтверджують, що суворі рольові обмеження в системних запитах гарантують високу узгодженість реплік із заданою легендою та запобігають виходу NPC зі своєї ролі [4].

Процес безпосередньої взаємодії гравця з NPC реалізований через зручний текстовий інтерфейс, що дозволяє гравцю ставити будь-які запитання та вести повноцінну бесіду (рис. 2).



Рис. 2 – Взаємодія гравця з NPC

Кожному персонажу на початку гри випадковим чином призначаються індивідуальні характеристики, такі як рівень емоційності, ступінь впевненості та специфічний стиль мовлення. Це суттєво ускладнює ідентифікацію шпигуна, оскільки незвичайні або заплутані відповіді можуть бути наслідком як прихованої ролі, так і просто згенерованого «складного» характеру звичайного NPC. Це забезпечує високу варіативність ігрових сесій.

Для підтримки динаміки ігрового процесу та підвищення рівня складності реалізовано жорстку систему лімітів. Гравець має обмежений час на прийняття рішень (інтегрований таймер) та фіксовану кількість можливих помилок при остаточному виборі шпигуна. Перевищення ліміту часу або вичерпання спроб ідентифікації призводить до програшу. Така механіка створює напружений ігровий процес та змушує гравця критично оцінювати кожну отриману від NPC репліку, уникаючи випадкових вгадувань.

Висновки. Отримані результати демонструють високу ефективність використання системних запитів та елементів RAG-підходу у створенні інтерактивних діалогових систем для комп'ютерних ігор. Запропонована модель забезпечує непередбачуваність взаємодії та надійно утримує NPC в межах їхніх заданих ролей. Розроблений прототип у середовищі Unity відкриває перспективи для подальших досліджень у напрямку створення адаптивного та нелінійного ігрового досвіду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] J. T. Tarigan, B. Wijaya, A. C. Salim, and S. M. Hardi, "An LLM-Based Behavior Agent with Natural Language Personality Control: Enabling Trait-Driven NPC Decision-Making through Prompt

Engineering,” Eng. Technol. Appl. Sci. Res., vol. 15, no. 5, pp. 26827–26832, Oct. 2025, doi: 10.48084/etasr.12631.

[2] P. Lewis et al., “Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks,” 2020, arXiv. doi: 10.48550/ARXIV.2005.11401.

[3] P. Zhao et al., “Retrieval-Augmented Generation for AI-Generated Content: A Survey,” 2024, arXiv. doi: 10.48550/ARXIV.2402.19473.

[4] V. Figueiredo and D. Elumeze, “Symbolically Scaffolded Play: Designing Role-Sensitive Prompts for Generative NPC Dialogue,” 2025, arXiv. doi: 10.48550/ARXIV.2510.25820.

УДК 004.93:004.5

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТИВ КОРИСТУВАЧА В ІНТЕРАКТИВНИХ ІГРОВИХ СИСТЕМАХ

С. С. САРАФІНЧАН(mega.sofia2008@gmail.com),

О. М. ТКАЧЕНКО(alextk1960@gmail.com),

Вінницький національний технічний університет

Робота присвячена дослідженню та оптимізації методів безконтактної взаємодії в людино-комп'ютерних інтерфейсах ігрового призначення. Головна увага приділена розробці моделей штучних нейронних мереж, здатних ідентифікувати статичні положення та просторові рухи рук користувача під час ігрового процесу. Розглянуто алгоритми оптимізації обробки відеопотоку через попередній аналіз скелетних точок долоні. На основі проведених експериментів підтверджено можливість розгортання таких нейромережевих модулів в умовах лімітованої апаратної потужності ЕОМ без втрати загальної швидкодії системи.

Модернізація засобів взаємодії між людиною та комп'ютером є одним із ключових завдань під час проектування інтерактивного програмного забезпечення. Використання стандартних фізичних контролерів нерідко обмежує динаміку ігрового процесу та знижує рівень занурення гравця у симуляцію. Системи розпізнавання жестів виступають ефективним інструментом вирішення цієї проблеми, проте їх створення супроводжується складними математичними та інженерними викликами. Побудова надійного жестового інтерфейсу ускладнюється через відмінності в анатомії рук користувачів, нестабільне фонове освітлення кімнати та просторові спотворення під час швидких рухів. Оскільки жорстко зафіксовані математичні алгоритми не володіють необхідною гнучкістю, виникає потреба в імплементації моделей на основі штучних нейронних мереж (ШНМ) [1, 45 с.].

Донедавна головною перешкодою для масового розгортання безконтактного керування була необхідність використання специфічних периферійних пристроїв — сенсорів глибини або ІЧ-локаторів. Сучасні технологічні рішення дозволяють відмовитися від спеціалізованого заліза на користь базових оптичних сенсорів (звичайних веб-камер) за рахунок залучення методів комп'ютерного зору. Водночас розробники постають перед проблемою раціонального розподілу обчислювальних ресурсів, адже нейромережевий модуль має функціонувати паралельно з рендерингом тривимірної сцени, симуляцією фізичних процесів та розрахунком логіки ігрового рушія.

Ефективне зниження апаратного навантаження досягається шляхом організації дворівневого конвеєра обробки даних. Спершу вхідні растрові кадри аналізуються спеціалізованими відкритими бібліотеками (зокрема фреймворком MediaPipe Hands), які виконують детекцію області кисті та будують її цифрову скелетну модель із 21 просторової точки (x , y , z). Завдяки цьому нейронна мережа оперує не масивом пікселів високої роздільної здатності, а стиснутим вектором геометричних параметрів, що гарантує високу швидкість обчислень.

Задачу розпізнавання фіксованих у просторі фігур (наприклад, команд у вигляді стиснутого кулака чи відкритої долоні) покладено на багатошарові перцептрони (MLP) або базові згорткові архітектури (CNN). Процедура попереднього нормування координат відносно геометричного

центру кисті забезпечує стабільну роботу класифікатора незалежно від нахилу руки або віддаленості користувача від об'єктива камери.

Значно складнішим етапом є ідентифікація динамічних жестів, що розгорнуті у часі (імітація змаху зброєю, накреслення символів у повітрі або жестова навігація по ігровому меню). Для математичного опису таких мінливих процесів доцільно використовувати рекурентні нейромережеві архітектури з довгою короткочасною пам'яттю (LSTM), оскільки вони здатні накопичувати контекст попередніх кадрів та коректно оцінювати вектор руху [2, 112 с.]. Задля оптимізації показника кадрів за секунду (FPS) також застосовують одновимірні згорткові мережі (1D-CNN), які аналізують часові ряди суглобових координат із мінімальними затримками інференсу.

Тестування розробленого програмного модуля безпосередньо всередині ігрового середовища підтвердило його високу працездатність. Точність ідентифікації базових статичних позицій руках (Assurasu) склала 96.4%, а час обробки одного кадру не перевищив 8 мілісекунд. Обчислення складніших часових траєкторій за допомогою зв'язки CNN-LSTM показало точність на рівні 89.2% при аналітичному вікні у 15–20 кадрів. Незначна затримка, пов'язана з накопиченням кадрів для аналізу, повністю нівелюється за рахунок предикативного згладжування ігрових анімацій.

Головним дестабілізуючим фактором для таких систем залишається якість оптичного сигналу у приміщенні. Для підвищення стійкості класифікатора до різких змін світла чи низької контрастності обов'язково проводиться масштабна аугментація тренувальних даних (введення штучного шуму, програмна зміна яскравості та кольорового балансу). Подальший розвиток технології пов'язаний із квантуванням вагових коефіцієнтів ШНМ до 8-бітного формату та проведенням прунінгу, що дозволить запускати подібні інтерфейси на портативних консолях та автономних VR/AR гарнітурах.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що впровадження інтелектуальних моделей розпізнавання жестів є необхідним кроком на шляху до створення безбар'єрних ігрових систем. Поєднання інструментів комп'ютерного зору з рекурентними архітектурами дозволяє організувати стабільний канал безконтактного керування в реальному часі без надмірного споживання обчислювальних ресурсів комп'ютера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016. 800 p.
2. Lugaresi C. et al. MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines // arXiv preprint arXiv:1906.08172. 2019. P. 1–5.
3. Mitra S., Acharya T. Gesture Recognition: A Survey // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews). 2007. Vol. 37, No. 3. P. 311–324.

УДК 004.896

PYTHON-ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ГІБРИДНОЇ КОНВЕРТАЦІЇ ТЕКСТОВИХ ЗАПИТІВ У ГРАФІЧНІ ПРИМІТИВИ

А.О. СИДОРУК, О.М. РЕЙДА
(alanamiae.sid@gmail.com, reйда@vntu.edu.ua)
Вінницький національний технічний університет

У роботі досліджено методи автоматичної конвертації текстових запитів у графічні примітиви, які охоплюють шаблонні, лексичні, нейронні та гібридні підходи. Проаналізовано переваги та обмеження кожного методу, зокрема швидкість обробки шаблонних систем, семантичну точність лексичних методів та гнучкість нейронних архітектур на базі дифузійних моделей. Досліджено гібридні системи, які поєднують великі мовні моделі з графами знань, демонструючи найбільш перспективний напрямок розвитку з урахуванням як інтерпретованості, так і якості генерації.

Ключові слова: конвертація текстових запитів, графічні примітиви, SVG, нейронні методи, дифузійні моделі, великі мовні моделі, гібридні системи, семантичний парсинг.

Задача автоматичного перетворення природномовних описів у векторну графіку перебуває на перетині кількох дисциплін: обробки природної мови (NLP), комп'ютерного зору та генеративного моделювання. Протягом 2023–2025 років у цій галузі відбулися суттєві зрушення, пов'язані переважно з масштабуванням великих мовних моделей (LLM), появою диференційованих растеризаторів та гібридних архітектур, що поєднують декілька підходів в одному пайплайні.

У цих тезах розглянуто Python-бібліотеки, актуальні для побудови гібридної системи генерації графіки з тексту. Особлива увага приділяється тому, чому жоден з методів – лексичний, семантичний чи нейронний – не є самодостатнім, і яким чином їх комбінування утворює архітектурно міцнішу систему.

Результати дослідження

1. Чому саме гібридний підхід

Роботи Wu et al. [1] та Xing et al. [2] незалежно фіксують одну й ту саму проблему: LLM самі по собі здатні генерувати лише базові геометричні примітиви, але зазнають невдачі при відтворенні складних, деталізованих форм. Оптимізаційні методи на основі дифузійних моделей дають деталізованішу геометрію, але позбавлені семантичної зв'язності – згенеровані шляхи (paths) не відповідають смисловим компонентам зображення.

Суто лексичні та rule-based підходи добре працюють на обмеженій, передбачуваній граматиці, але не масштабуються на довільні текстові описи. Отже, гібридний підхід – це не данина моді, а архітектурна необхідність.

2. Архітектурна схема гібридного пайплайну

Гібридний пайплайн складається з чотирьох послідовних шарів: NLP / Семантичного шару (spaCy, transformers, lark-parser), шару генерації шаблону або коду (SVG-код, примітивний скелет, DSL), шару оптимізації та рефайнменту (DiffVG, diffusers, Score Distillation Sampling) та шару векторного виводу (svgwrite, drawsvg, pycairo).

3. NLP-шар: розбір і розуміння тексту

spaCy [3] – промислово-орієнтована бібліотека NLP, яка є де-факто стандартом для побудови продакшн-пайплайнів. У контексті генерації графіки вона слугує першим шаром фільтрації: розпізнавання іменованих сутностей (NER), dependency parsing та Matcher-механізм для виявлення шаблонів типу «синє коло», «великий прямокутник зліва». Починаючи з версії spaCy v3, бібліотека підтримує пакет spacy-llm, який дозволяє безпосередньо інтегрувати LLM у spaCy-пайплайн для завдань, де класичні ML-моделі недостатні.

Бібліотека transformers [4] надає доступ до сотень попередньо навчених моделей для завдань семантичного аналізу. Для задачі text-to-graphics ключовими є: token classification (NER) для виявлення геометричних об'єктів та їхніх атрибутів; text generation (T5, GPT-2) для генерації DSL-команд або SVG-коду; sentence transformers для семантичної схожості. Саме на базі transformers побудовано більшість сучасних нейронних підходів до генерації SVG: LLM4SVG [2] використовує інструкційно-довчені версії LLM, а StarVector [5] інтерпретує Vision Transformer (ViT) для обробки зображень та LLM для генерації SVG-коду.

Для побудови власного Domain-Specific Language (DSL) найпридатнішою є бібліотека lark-parser, яка підтримує граматики LALR та Earley та дозволяє описувати граматику у файлах EBNF. ryparsing – альтернатива з програмним стилем; підходить для простіших граматик. Обидві бібліотеки вирішують проблему, яку описує benchmark VGBench [6]: навіть state-of-the-art моделі демонструють нестабільне розуміння векторних форматів.

4. LLM-шар: семантична генерація

LangChain є найпоширенішим Python-фреймворком для побудови застосунків на основі LLM. З точки зору гібридної генерації графіки, найціннішою є функція .with_structured_output(), яка примушує модель повертати структурований JSON відповідно до заданої Pydantic-схеми. Це критично для гібридного пайплайну: замість того щоб парсити вільний текст LLM, система отримує надійно структурований об'єкт типу {shape: "circle", x: 100, y: 200, radius: 50, color: "blue"}. LangChain Expression Language (LCEL) дозволяє будувати ланцюжки обробки та порівнювати різні LLM (GPT-4, Claude, Gemini) в межах одного пайплайну.

Безпосередні Python SDK (anthropic, openai) є легшою альтернативою LangChain, якщо не потрібна вся екосистема фреймворку. Вони дають прямий доступ до function calling / tool use – механізм, аналогічний .with_structured_output(), але на рівні API.

5. Диференційований рендеринг: ключова технологічна основа

DiffVG [7] – диференційований растеризатор для 2D векторної графіки, запропонований Li et al. у 2020 році. Це фундаментальний інструмент, на якому побудовано більшість сучасних оптимізаційних методів: VectorFusion, DiffSketcher, SVGDreamer, Chat2SVG [1]. Ключова ідея: растеризація стає диференційованою після пікельної передфільтрації, що дозволяє пропускати градієнти від растрового зображення назад до параметрів кривих. Практично це означає, що систему можна навчити генерувати SVG-примітиви, оптимізуючи їх так, щоб вони збігалися з цільовим зображенням або відповідали текстовому опису через CLIP/SDS-лоси.

VectorFusion [8] показав, як за допомогою Score Distillation Sampling можна генерувати SVG без датасету з підписаними SVG-файлами: текстуровна дифузійна модель (Stable Diffusion) слугує вчителем, а DiffVG – диференційованим студентом, параметри якого оптимізуються так, щоб растеризований результат потрапляв у розподіл, визначений дифузійною моделлю. SVGDreamer [9] розширює цей підхід, вводячи семантично-обізану векторизацію на основі attention maps.

6. Провідні гібридні системи як приклади архітектурних рішень

Chat2SVG [1] є найбільш репрезентативним прикладом гібридної архітектури. Система складається з трьох етапів: 1) LLM генерує семантично осмислений SVG-скелет з базових геометричних примітивів; 2) SDEdit з ControlNet збагачує растрове зображення деталями, зберігаючи загальну композицію; 3) двоступенева оптимізація (оптимізація в латентному просторі SVG VAE, потім пряма оптимізація координат контрольних точок). Цей підхід забезпечує водночас регулярність шляхів і візуальну точність згенерованого SVG.

LLM4SVG [2] вводить навчені SVG-семантичні токени – спеціальні embedding-и для path, rect, circle, color та координат, що дозволяє LLM «розуміти» ієрархічну структуру SVG-файлу. Це усуває «coordinate hallucination» – типову проблему, коли LLM генерує числові координати, що не мають геометричного сенсу. StarVector [5] будує мультимодальну архітектуру: Vision Transformer кодує зображення у embeddings, LLM Adapter відображає їх у простір LLM, і модель навчена генерувати SVG-код для іконок, логотипів, технічних діаграм.

7. Бібліотеки векторного виводу та практичні рекомендації

svgwrite – найпростіший і найпоширеніший пакет для програмного створення SVG у Python (Pythonic API, підтримка всіх стандартних примітивів). drawsvg – сучасніша альтернатива з підтримкою анімацій (SMIL) та зручним API для Jupyter-середовищ. rucairo – Python-binding до C-бібліотеки Cairo, яка забезпечує вищу швидкість роботи та підтримує складне трансформовання координат. Shapely – бібліотека для геометричних операцій (union, intersection, buffer, simplification), незамінна для попередньої обробки геометрії.

Мінімально достатній стек для реалізації гібридної системи: spaCy → лексичний/правильний шар (rule-based baseline); transformers → семантичний NER для атрибутів форм; LangChain → LLM-шар зі структурованим виводом; pydiffvg → оптимізаційний нейронний рефайнмент; svgwrite → SVG-вивід. Найбільш відтворювані метрики у літературі: FID (Fréchet Inception Distance), CLIP Score та Path FID. Потенційна диференціація роботи: більшість сучасних систем орієнтовані на іконки та ілюстрації, тоді як діаграмна та схематична генерація значно менш досліджена.

Висновки

Гібридні методи не є компромісом – вони є поточним state-of-the-art у задачі text-to-SVG. Chat2SVG [1] прямо формулює це як архітектурний принцип: LLM забезпечує семантичну зв'язність, дифузійна оптимізація – геометричну деталізованість, а диференційований растеризатор (DiffVG) є технологічним мостом між ними. Python-екосистема 2024–2025 років надає всі необхідні компоненти для реалізації подібних систем, при цьому кожен з них є незалежно тестованим і замінюваним – що є важливою властивістю для дослідницької роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] R. Wu, W. Su, and J. Liao, "Chat2SVG: Vector Graphics Generation with Large Language Models and Image Diffusion Models," arXiv, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2411.16602>
- [2] X. Xing et al., "LLM4SVG: Empowering LLMs to Understand and Generate Complex Vector Graphics," arXiv, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/html/2412.11102v1>

- [3]Explosion AI, "spaCy: Industrial-Strength Natural Language Processing," 2024. [Online]. Available: <https://spacy.io>
- [4]T. Wolf et al., "HuggingFace's Transformers: State-of-the-Art Natural Language Processing," arXiv, 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1910.03771>
- [5]J. Rodriguez et al., "StarVector: Generating Scalable Vector Graphics Code from Images," arXiv, 2024.
- [6]S. Zhou et al., "VGBench: Evaluating Large Language Models on Vector Graphics Understanding and Generation," arXiv, 2024.
- [7]T.-M. Li et al., "Differentiable Vector Graphics Rasterization for Editing and Learning," ACM Trans. Graph., vol. 39, no. 6, 2020.
- [8]A. Jain, A. Xie, and P. Abbeel, "VectorFusion: Text-to-SVG by Abstracting Pixel-Based Diffusion Models," in Proc. IEEE/CVF CVPR, 2023. [Online]. Available: https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023/papers/Jain_VectorFusion_Text-to-SVG_by_Abtracting_Pixel-Based_Diffusion_Models_CVPR_2023_paper.pdf
- [9]X. Jia et al., "SVGDreamer: Text Guided SVG Generation with Diffusion Model," arXiv, 2023.

УДК 004.89

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АДАПТИВНОЇ СКЛАДНОСТІ У ВІДЕОІГРАХ

СОКОЛ Д. В. (Daria.Sokol@cs.khpi.edu.ua)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Розглянуто проблему адаптації складності відеоігор у контексті персоналізації ігрового досвіду. Проаналізовано підходи до динамічного регулювання складності на основі поведінки гравця та розглянуто моделі класифікації, регресії та підкріплюваного навчання. Наведено приклади реалізації адаптивної складності в сучасних іграх, визначено її переваги для підвищення залученості користувачів, а також окреслено основні переваги, обмеження та перспективи розвитку інтелектуальних адаптивних систем.

Сучасні відеоігри орієнтовані на широку аудиторію з різним рівнем підготовки, що ускладнює вибір оптимального рівня складності. Традиційні фіксовані режими (easy, normal, hard) не забезпечують належної персоналізації та часто призводять до зниження інтересу до гри. Надмірна складність може викликати фрустрацію, тоді як недостатня – втрату мотивації. Це обумовлює необхідність розробки адаптивних систем, здатних динамічно змінювати параметри гри відповідно до поведінки гравця. Особливу актуальність для вирішення цієї задачі набуває використання інтелектуальних підходів [1, 2].

Метою роботи є теоретичний аналіз сучасних підходів до адаптивної складності ігор із використанням методів штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML). Для досягнення мети необхідно: узагальнити підходи до реалізації адаптивної складності, дослідити можливості застосування методів AI та ML для оцінювання рівня гравця й динамічної адаптації ігрового процесу, а також окреслити переваги, недоліки та перспективи їх розвитку.

Адаптивна складність (Dynamic Difficulty Adjustment, DDA) передбачає автоматичну зміну параметрів гри у реальному часі залежно від поведінки гравця. До таких параметрів належать: характеристики супротивників, ресурси, швидкість ігрового процесу або складність завдань. Основою метою DDA є підтримка стану «поток» (flow), при якому складність гри відповідає навичкам користувача, забезпечуючи баланс між викликом і досяжністю [1].

Традиційні підходи до адаптації складності базуються на евристичних правилах, які задаються розробниками вручну. Такі системи використовують прості тригери для зміни складності, наприклад, серію поразок або перемог. Їх перевагою є простота реалізації та контрольованість, однак вони мають обмежену гнучкість і не здатні враховувати складні патерни поведінки гравця.

Сучасні дослідження демонструють, що ефективні системи адаптації дедалі частіше використовують для побудови моделей гравця (player modelling) методи машинного навчання, які базуються на аналізі ігрових даних. У цьому контексті важливим є вибір інформативних ознак для визначення продуктивності гравця, серед яких: точність дій, час реакції, швидкість проходження рівнів, кількість помилок, частота перемог або поразок. Ці дані використовуються для навчання моделей класифікації (наприклад, логістичної регресії чи дерев рішень), які дозволяють віднести користувача до певного рівня майстерності, або регресійних моделей для безперервного оцінювання навичок [3].

Окремий напрям становить використання підкріплюваного навчання (Reinforcement Learning, RL), де адаптація складності розглядається як задача оптимізації. Агент, який керує параметрами гри, отримує винагороду залежно від поведінки гравця, наприклад, тривалості гри або рівня залученості. При цьому центральною проблемою є формалізація функції винагороди, оскільки суб'єктивний досвід гравця складно виміряти безпосередньо [4].

З точки зору алгоритмічного аналізу, можна виділити кілька підходів до реалізації DDA:

- алгоритми на основі правил (rule-based algorithms), які забезпечують високу інтерпретованість, але низьку адаптивність;
- моделі навчання з учителем (supervised learning), що дозволяють прогнозувати рівень гравця, але потребують попередньо розмічених даних;
- RL, яке забезпечує високу гнучкість, але є складним у навчанні та нестабільним у динамічних середовищах;
- гібридні підходи, що поєднують евристичні з ML-моделями для досягнення балансу між стабільністю та адаптивністю.

Приклади практичної реалізації адаптивної складності, які демонструють ефективність цих підходів, можна знайти у сучасних відеоіграх. У Resident Evil 4 реалізовано систему, яка змінює поведінку ворогів залежно від дій гравця, що робить сутички більш динамічними та непередбачуваними. У Left 4 Dead використовується AI Director, який регулює інтенсивність подій у грі. У The Last of Us Part II застосовується модульна система налаштування складності, яка дозволяє змінювати різні аспекти ігрового процесу під потреби гравця, що можна розглядати як часткову форму адаптації.

Незважаючи на значну кількість переваг, адаптивні системи мають і ряд обмежень. По-перше, складно точно оцінити рівень задоволення гравця лише на основі поведінкових метрик, адже вони не завжди корелюють із його суб'єктивним досвідом. По-друге, надмірна адаптація може призвести до виникнення ефекту штучності, коли гравець відчуває маніпуляцію складністю. По-третє, системи адаптації можуть викликати недовіру користувачів, тож важливо також забезпечити прозорість та інтерпретованість моделей.

У зв'язку із цим доцільно запропонувати напрями для вдосконалення, що включають: використання гібридних моделей, які поєднують ML та експертні правила; застосування explainable AI (XAI) для підвищення прозорості адаптації; використання online learning для врахування змін у поведінці гравця в реальному часі; розробку персоналізованих функцій винагороди в RL, що враховують індивідуальні цілі користувача.

Висновки. У результаті проведеного дослідження було проаналізовано сучасні підходи до адаптивної складності відеоігор та визначено ключову роль методів штучного інтелекту у формуванні персоналізованого ігрового досвіду. Встановлено, що традиційні евристичні методи поступаються сучасним підходам, заснованим на машинному навчанні, з точки зору гнучкості та здатності до узагальнення. Виявлено, що моделі класифікації та регресії є ефективними для оцінювання рівня гравця, однак їх точність залежить від якості вхідних даних. Підкріплюване навчання визначене як найбільш перспективний підхід, оскільки воно дозволяє адаптувати складність у динамічному ігровому середовищі без явного програмування правил, проте потребує складного налаштування та значних обчислювальних ресурсів.

Виявлено, що сучасні реалізації адаптивної складності в іграх підтверджують ефективність комбінованих підходів, які поєднують аналітику даних та евристичні механізми. Разом із тим встановлено ключові обмеження: складність оцінювання суб'єктивного досвіду, ризик надмірної адаптації та недостатня прозорість. Запропоновано напрями подальших досліджень, реалізація

вищеописаних підходів дозволить підвищити ефективність систем адаптивної складності та забезпечити більш природний і персоналізований ігровий досвід.

Отримані результати підтверджують, що інтеграція сучасних методів штучного інтелекту в ігрові системи є перспективним напрямом розвитку індустрії відеоігор та відкриває нові можливості для підвищення якості взаємодії користувача з цифровими середовищами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] G. N. Yannakakis, J. Togelius, *Artificial Intelligence and Games*, 2nd ed. Springer, 2018.
- [2] A. Drachen, A. Canossa, G. N. Yannakakis, "Player Modelling Using Self-Organization in Tomb Raider: Underworld", *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, vol. 10, no. 2, pp. 113-124, 2018.
- [3] C. Holmgard, A. Liapis, J. Togelius, G. N. Yannakakis, "Evolving Personas for Player Decision Modeling", *IEEE Transactions on Games*, vol. 11, no. 4, pp. 318-331, 2019.
- [4] M. Justesen, P. Bontrager, J. Togelius, S. Risi, "Deep Learning for Video Game Playing", *IEEE Transactions on Games*, vol. 12, no. 1, pp. 1-20, 2020.

УДК УДК 004.8:004.65:004.42

РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ ВЕБСЕРВІС ОСОБИСТОЇ БІБЛІОТЕКИ НА ОСНОВІ SPRING AI
СОРОКОЛІТ В.І., КАТЄЛЬНИКОВ Д.І. (wwlddss@gmail.com, katielnikov@vntu.edu.ua)
Вінницький національний технічний університет

У цій роботі розглядається проблема сучасних вебсервісів особистих бібліотек та способів їх подолання за допомогою технологій Spring AI та великих мовних моделей

Стрімке зростання обсягів доступної цифрової та друкованої літератури формує потребу в ефективних інструментах для організації читацького досвіду. Щоб допомогти людям із такими потребами, було розроблено різні види вебсистем, які дозволяють значно оптимізувати рутинні процеси пошуку, підбору та структуризації інформації про книги.

І хоча такі системи значно спрощують процеси керування особистою бібліотекою користувача [1], вони мають низку невирішених проблем. До таких проблем належать «розрідженість даних»[2] та «холодний старт»[3] у процесі формування рекомендацій.

Причина виникнення першої проблеми полягає у тому, що математичні алгоритми рекомендацій працюють якісно лише при досягненні певного критичного об'єму інформації про читача та його книги. У випадку, коли об'єм інформації є недостатнім, якість рекомендацій значно погіршується. Тому для звичайної людини якість рекомендованої літератури не завжди є задовільною. Натомість у людей які мають багатий читацький досвід, але не користувались такими системами, виникає проблема «холодного старту». Ця проблема в тому, що миттєво передати досвід користувача в систему неможливо, і тому досвідчений читач повинен буде прикласти неабияких зусиль, щоб налаштувати систему під свій багаж знань.

Одним із найбільш актуальних способів вирішення таких проблем є застосування великих мовних моделей для надання рекомендацій. Особливість цього підходу полягає в тому, що така модель може розуміти не тільки табличне або математичне представлення читацької історії користувача, а й розуміти звичайну людську мову для отримання певного контексту, виходячи з якого можна дати більш якісну відповідь. Це означає, що використання таких технологій дозволить вирішити обидві вищезгадані проблеми, спираючись на текстове представлення історії читання користувача або його побажання щодо настрою, тону, темпу та інших атрибутів твору, які важко виокремити із базової інформації.

Для втілення такого підходу в реальність можна використовувати різні інструменти, та найбільш актуальним із них є фреймворк Spring AI [4]. Його особливість полягає в тому, що він абстрагує роботу з API різних постачальників мовних моделей. Завдяки його особливості Spring

AI дозволяє завжди бути гнучким та швидко адаптуватися під потреби сучасних користувачів, змінюючи лише те, яку модель використовує фреймворк. Залежно від того, наскільки навантаженим є сервіс, завжди зберігається можливість замінити модель на більш спеціалізовану або актуальну так само як і зовсім уникнути витрат на їх використання при переході на більш базові версії, при цьому сам механізм роботи фреймворку не змінюється. Таким чином, достатньо розробити лише один модуль, який використовуватиме цей фреймворк.

В нашому випадку такий модуль відповідатиме за побудову спеціалізованого запиту до мовної моделі, який буде містити певну роль, яку відіграватиме модель, її обмеження та правила, за наявності - історію читання користувача та безпосередньо текстовий запит. Також до однієї з переваг Spring AI можна віднести те, що він використовує підхід OutputParser. Його суть полягає в конвертації звичайного тексту в звичайний об'єкт мови Java, який далі може бути переданий користувачеві або збережений у базу даних для багатьох різноманітних операцій в майбутньому. Як результат, точність отриманих рекомендацій залежить того, наскільки чітко описані, або задокументовані побажання читача, що значно підвищує якість користувацький досвід та задоволення від використання сервісу загалом.

Отже, використання технології як Spring AI як основи для побудови вебсервісу особистої бібліотеки вирішує дві найголовніші проблеми при розробці та експлуатації рекомендаційних систем. Цей фреймворк значно пришвидшує процес розробки модулів, відповідальних за надання рекомендацій, завдяки використанню новітніх підходів з конвертації даних та приховуванню складних процесів із взаємодії з великими мовними моделями. Для кінцевого користувача це означає підвищення якості отриманих персоналізованих рекомендацій, що позитивно впливає на загальний досвід використання вебсервісу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] "Recommender Systems — A Complete Guide to Machine Learning Models," Medium. [Online]. Available: <https://medium.com/data-science/recommender-systems-a-complete-guide-to-machine-learning-models-96d3f94ea748>. [Accessed: Apr. 30, 2026].
- [2] M. Hassan and M. Hamada, "A Review of Data Sparsity in Recommender Systems," IEEE Access, vol. 11, pp. 15421–15435, 2023.
- [3] S. Natarajan, S. Vairavasundaram, S. Natarajan, and A. H. Gandomi, "Resolving the Cold-Start Problem in Recommendation Systems: A Review and Synthesis," Journal of Data and Information Quality, vol. 12, no. 4, pp. 1–33, 2020.
- [4] M. Pollack and C. Tzolov, "Spring AI Reference Documentation," Spring Framework Official Documentation. [Online]. Available: <https://docs.spring.io/spring-ai/reference/>. [Accessed: May 1, 2026].

УДК 004.8; 629.7

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БЕЗПІЛОТНІЙ АВІАЦІЙНІЙ ТЕХНІЦІ

СОХАЦЬКИЙ А.В., КУЗЬМЕНКО А.І. (Sokhatsky_anatoly@ukr.net)

Університет митної справи та фінансів МОН України

Сучасні авіаційні системи з використанням штучного інтелекту – це передові технології, що можуть використовуватися, як у цивільних, так і у військових цілях на тактичному, оперативному та стратегічному рівнях. Саме впровадження штучного інтелекту підвищує їх ефективність та розширює межі застосування. В роботі розглядаються тенденції використання штучного інтелекту в авіаційній техніці. Застосування штучного інтелекту в безпілотних літальних апаратах дозволяє ефективно використовувати літальний апарат в реалізації поставлених завдань.

Ключові слова: штучний інтелект, безпілотний авіаційний комплекс, безпілотний літальний апарат.

Постановка проблеми. В 1994 році Україна та провідні країни світу підписали Будапештський меморандум, де ці країни зобов'язалися: «1. Російська Федерація, Сполучене Королівство Великої Британії та Північної Ірландії, та Сполучені Штати Америки підтверджують Україні їх зобов'язання згідно з принципами Заключного Акта НБСЄ поважати незалежність і суверенітет та існуючі кордони України. ...» [1]. Проте російська федерація порушила Меморандум і почала широкомасштабну війну проти України. За результатами Будапештської угоди Україна була повністю роззброєна. Обіцянки певних країн виявилися мильними бульбашками. Виникла гостра потреба в оборонних засобах. Одним з таких оборонних засобів є авіаційні системи з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Як показують дослідження з аеродинаміки та динаміки руху БПЛА дистанційна форма пілотування стикається з цілим рядом проблем, щодо забезпечення заданих режимів їх функціонування. Високі швидкості руху БПЛА, необхідність в безпечних маневрах, інтенсивна зміна оперативної обстановки та інші створюють дефіцит часу для прийняття необхідних рішень оператором. Для ефективної роботи таких безпілотних авіаційних систем та вчасного виконання поставлених завдань їх необхідно облаштовувати штучним інтелектом (ШІ).

Для БПЛА штучний інтелект – це комплекс новітніх технологій, що дозволяє ефективно використовувати літальний апарат в реалізації поставлених завдань. Не дивлячись на швидкий розвиток наукомістких технологій, використання штучного інтелекту в будь якій сфері людської діяльності пов'язано з певними проблемами. Необхідність використання ШІ пов'язане не тільки з складністю поставлених завдань. Однією з головних проблем є висока складність середовища функціонування БПЛА [2]. Системи радіоелектронної боротьби противника, погодні умови, наявність пилу в повітрі, задимлення атмосфери, недостатнє освітлення місцевості, складність рельєфу. Все це впливає на роботу систем БПЛА та прийняття функціональних рішень.

Основною характеристикою ШІ на борту БПЛА є вміння постійно навчатися, швидко обробляти інформацію, накопичувати знання і успішно застосовувати їх для виконання поставлених завдань, подібно тому як це робить мозок людини.

Основна частина. БПЛА практично безальтернативно демонструють безпосередні переваги перед пілотованими літальними апаратами. Вони не мають пілота на борту, що не потребує його рятування, як це відбувається внаслідок збиття пілотованого літального апарата. Вони здатні проводити будь які дії, від розвідки, логістичних завдань до бойових завдань проти противника в районах, які в більшості випадків можуть бути недоступними для пілотованих літальних апаратів та виконувати завдання на великій відстані від місць базування.

Наукові дослідження та розробки БПЛА з питань їх застосування, як у цивільній, так і у військовій сферах приділяється значна увага в багатьох країнах. Сучасні безпілотні технології передбачають використання штучного інтелекту. Так у США створення безпілотних літальних апаратів зі штучним інтелектом здійснюється в рамках програми Skyborg [3]. У рамках цієї програми розробляється штучний інтелект для керування бойовими безпілотними літальними апаратами. БПЛА матиме повноцінний штучний інтелект. Він забезпечить можливість вирішувати різноманітні завдання, пристосовуючись до мінливої обстановки [3]. Програма «Скайборг» ВПС США планує використовувати штучний інтелект для переосмислення повітряної війни. ВПС США планують використовувати 1000 безпілотників, керованих штучним інтелектом, як озброєні супровідні засоби поряд із звичайними винищувачами [3].

Над створенням авіаційних систем зі штучним інтелектом працюють вчені також Великої Британії [5]. Розроблюваний для армії Великої Британії БПЛА уявляє собою автономний мультикоптер обмежених розмірів з власною стрілецькою зброєю та розвиненими засобами керування. Інформація про противника, отримана за допомогою штучного інтелекту та технічного зору, передається оператору, який приймає рішення про відкриття вогню. Окрім цього у Великій Британії розробляють БПЛА зі штучним інтелектом для бойових дій у замкнутих приміщеннях.

У Федеративній Республіці Німеччині інтенсивно ведуться роботи в галузі штучного інтелекту. Вона вважається лідером у Європі у сфері штучного інтелекту. Дослідницькі університети ФРН (Cyber Valley) та провідні компанії створюють дедалі досконаліші зразки техніки в сегменті науки та промисловості. Це Товариство Макса Планка, університети Штутгарта та Тюбінгена, федеральна земля Баден-Вюртемберг, а також такі компанії, як Amazon, Bosch, Mercedes Benz та Porsche. Така співпраця забезпечує унікальне поєднання передових досліджень та промислового застосування у сфері штучного інтелекту.

У Китайській Народній Республіці розвиток штучного інтелекту є стратегічним пріоритетом. Китай прагне до світового лідерства у сфері ШІ. Технологічне та економічне протистояння КНР і США посилюється, зокрема й за світове лідерство у сфері штучного інтелекту.

Японія є конкурентам США, КНР та інших країн у сфері штучного інтелекту. Японські Сили оборони, Компанія ABC розробляють БПЛА гелікоптерного типу зі штучним інтелектом: SH-350 і SH-450 (максимальна злітна маса 350 і 450 кг відповідно, політ до 7 годин, вантаж до 100 кг).

В Ізраїлі роботи зі створення БПЛА розпочалися на початку 70-х років ХХ століття. Розробки БПЛА успішно тривають і нині на новому рівні — із застосуванням штучного інтелекту в авіаційних системах. У цій галузі працює значна кількість компаній. В армії Ізраїлю БПЛА об'єднані в мережу і керуються штучним інтелектом (раніше у кожного безпілота був свій оператор). Оператор необхідний для видачі команд і вказівки напрямків дії відразу для всієї групи БПЛА. За виконання бойового завдання відповідає ШІ. Навіть якщо частина групи буде знищена, завдання буде виконано. Ізраїль першим у світі в бойових умовах застосував групу БПЛА, керовану штучним інтелектом.

На сьогодні у Туреччині виробляють БПЛА зі штучним інтелектом. Генеральне управління безпеки Туреччини має в своєму розпорядженні БПЛА із відповідним програмним забезпеченням, що використовує ШІ. Також іде науково-дослідна та практична робота над впровадженням штучного інтелекту в авіаційних системах в Канаді, Франції та інших країнах.

Сучасні безпілотні авіаційні системи дозволяють позитивно змінити тактику поля бою при захисті України від агресора. Уряд повинен адаптуватися до національної стратегії, яка включає цю технологію. Дослідження з використання штучного інтелекту надають розуміння для покращення військових можливостей. Вивчення сучасних цивільних та військових застосувань БПЛА, технічні оновлення в системах зв'язку, навігації та збору даних; інтеграція нових технологій в техніці, таких як інтелектуальні матеріали, штучний інтелект, електричні рушійні системи сприятиме підвищенню обороноздатності та національної безпеки країни.

Ключовою задачею при проектуванні БПЛА є розвиток систем керування, навігації, функціонування бортового обладнання. На рис. 1 показана спрощена функціональна схема системи керування БПЛА. До системи входить наземний пункт керування з відповідним електронним обладнанням, радіозв'язком та бортові системи БПЛА. До бортових систем БПЛА відноситься (рис.1):

- бортове обладнання для функціонування літального апарата;
- органи пілотування та управління обладнанням та системами;
- система, що поєднує ручне пілотування оператором та систему автоматизованого пілотування;
- системи машинного зору;
- штучний інтелект;
- бортовий комп'ютер;
- система датчиків та пристроїв.

Ефективна експлуатація БПЛА може бути підвищена шляхом використання штучного інтелекту. З розвитком нових технологій, таких як машинне навчання та нейронні мережі, безпілотні літальні апарати стають здатними до самонавчання та постійному удосконаленню функціональних властивостей. Це дозволить їм адаптуватися до різноманітних умов та швидко реагувати на зміну навколишнього середовища.

Важливою властивістю БПЛА є машинний зір. Ця технологія дозволяє комп'ютерам “бачити” об'єкти у реальному часі та аналізувати їх. Якщо штучний інтелект є загальною технологією, що імітує людський інтелект, то машинний зір уявляє собою цілий комплекс методів, серед яких присутній і ШІ. Він дозволяє ідентифікувати об'єкти в реальному часі так, як це б зробила людина. Машинний зір повинен повністю імітувати функції людського зору та частини мозку, що відповідає за обробку зорової інформації. Він “бачить” картинку та “розуміє”, що на ній зображено. Він працює за алгоритмом: камера фіксує зображення, цієї ж миті спеціальні алгоритми його обробляють, аналізують, при необхідності – покращують для більш точного розпізнавання. Система визначає тип зображеного об'єкту і ця інформація передається далі для прийняття рішення [4].

Однією з основних позитивних сторін БПЛА є точність та надійність розпізнавання об'єктів. Дослідження показують, що у контрольованих тестових умовах ШІ дає змогу отримати майже

100% точність розпізнавання об'єктів. Проте в умовах реальних умов цей показник значно знижується за у зв'язку з використанням недостовірних або неповних даних, отриманих через різноманітні перешкоди, погану видимість та змінами зовнішніх умов – погоди, рівня освітлення [4].

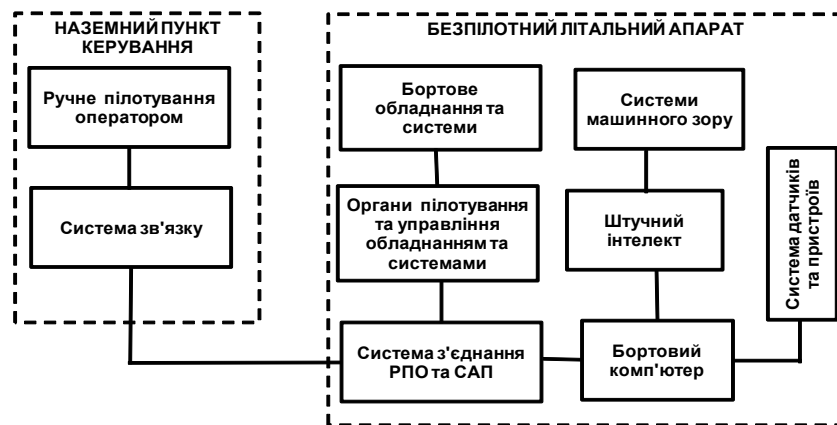


Рис. 1 – Спрощена функціональна схема системи керування БПЛА (РПО–Ручне пілотування оператором, САП–система автоматизованого пілотування)

Ключовою задачею при проектуванні БПЛА є подальший розвиток систем керування, навігації, функціонування бортового обладнання. Її ефективне вирішення може бути реалізоване шляхом використання штучного інтелекту. З розвитком нових технологій, таких як машинне навчання та нейронні мережі, безпілотні літальні апарати стають здатними до самонавчання та постійному удосконаленню функціональних властивостей, Це дозволить їм адаптуватися до різноманітних умов та швидко реагувати на зміну навколишнього середовища.

Слід звернути увагу, що з розвитком інформаційних технологій – формулювання технологій визначення штучного інтелекту буде переглянуто. Зараз і штучний інтелект визначається, як набір нейронних мереж. Вони побудовані подібно до роботи мозку людини. Проте вони не є його копією. Сучасні моделі ШІ вміють генерувати код і за певними критеріями. Вони більш ефективніше ніж людина опрацьовують великі обсяги інформації. Проте за іншими критеріями ШІ поступається людині [6].

Все ж таки ШІ не може замінити людину [6]. Як інструмент опрацювання інформації та прийняття рішення він поступається людині. ШІ повинен правильно та ефективно використовуватися в людській діяльності. Для розв'язування багатьох наукових та інженерних задач все ж таки потрібна людська діяльність.

Висновки. Таким чином, застосування штучного інтелекту в безпілотній та пілотованій авіації позитивно вплине на розвиток авіаційної техніки та підготовку особового складу авіаційних фахівців. Штучний інтелект дає змогу досягти точності в обробці даних від безпілотних літальних апаратів в складних метеорологічних умовах; здатність аналізувати велику кількість інформації з великою швидкістю. Окрім цього застосування штучного інтелекту в конструкціях тренажерів авіаційної техніки дозволить більш ефективно підготувати кваліфікованих пілотів, інженерів та техніків за більш короткі терміни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Верховна РАДА України (05.12.1994) Меморандум про гарантії безпеки у зв'язку з приєднанням України до Договору про нерозповсюдження ядерної зброї. Дата звернення: 10 квітня. 2026. [Онлайн]. Доступно: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_158#Text.
2. А.Ю. Дреус, С.В. Алексеєнко, А.В. Сохацький, М.М. Дронь, О.В.Кравець, О.В. Кулик. Аеродинамічні аспекти проектування безпілотних екранопланів. Дніпро. Україна: Ліра, 2024.
3. Skyborg bringing cutting-edge autonomy capabilities to the fight at a faster pace and lower cost. 2026. [Online]. Available: https://afresearchlab.com/wp-content/uploads/2020/02/AFRL_SkyborgFS_0823_Final.pdf
4. MAJ Colin M. Sattler Aviation Artificial Intelligence: How Will it Fare in the Multi-Domain Environment? Fort Leavenworth, KS, US: School of Advanced Military Studies, 2018.

5. <https://apps.dtic.mil/sti/html/tr/AD1071307>
6. UK Army unveils strike tech aiming to boost battlefield lethality by 10 times. 2026. [Online]. Available: <https://interestingengineering.com/military/uk-army-reveals-digital-targeting-system>
7. J. Johnson Artificial intelligence: A threat to strategic stability. Strategic studies quarterly, Vol. 14, No. 1, pp. 16–39. 2020.

УДК 004.89:004.96

ТРАНСФОРМАЦІЯ ДІАЛОГОВИХ СИСТЕМ НЕІГРОВИХ ПЕРСОНАЖІВ НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ФІГЛЕВСЬКИЙ О.В. (oleksii.fihlevskyi-ip243@nung.edu.ua)

БОБК Р.Б. (roman.vovk@nung.edu.ua)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У дослідженні проаналізовано архітектуру та принципи інтеграції великих мовних моделей у системи взаємодії відеоігор для створення адаптивних діалогів неігрових персонажів у режимі реального часу. Визначено ключові функціональні компоненти запропонованої системи, висвітлено переваги використання генеративного штучного інтелекту для підвищення імерсивності та окреслено основні технічні обмеження, пов'язані з обчислювальною потужністю та контролем контенту.

Сучасна індустрія комп'ютерних ігор характеризується інтенсивною інтеграцією технологій штучного інтелекту, що спрямована на детермінацію вищого рівня інтерактивності, реалістичності та когнітивного залучення користувачів до ігрового процесу. Одним із найбільш релевантних та перспективних векторів розвитку є впровадження генеративних моделей штучного інтелекту для проєктування адаптивних діалогових систем неігрових персонажів (NPC). На противагу традиційним парадигмам, що базуються на детермінованих сценаріях та преініціалізованих репліках, сучасні великі мовні моделі забезпечують можливість динамічного формування відповідей. Це здійснюється з урахуванням багатофакторного контексту взаємодії, поточної ігрової ситуації та індивідуальних поведінкових патернів користувача [1].

У переважній більшості сучасних відеоігор архітектура взаємодії з NPC базується на графах діалогів або сукупності фіксованих сценаріїв. Зазначений підхід характеризується низкою суттєвих обмежень, серед яких: низька варіативність комунікації, редуплікація мовних зворотів та недостатній рівень адаптивності до специфічного стилю проходження гри. Як наслідок, спостерігається зниження ефекту імерсивності та відчуття «живої» взаємодії у віртуальному середовищі. Використання генеративного ШІ дозволяє екстенсивно розширити функціональні можливості діалогових систем шляхом синтезу унікальних лінгвістичних одиниць у режимі реального часу [2].

Метою даного дослідження є комплексний аналіз потенціалу інтеграції великих мовних моделей у структуру ігрового програмного забезпечення для реалізації динамічної системи взаємодії між гравцем та NPC. До основних завдань роботи віднесено: опис архітектури AI-орієнтованої діалогової системи, ідентифікацію її базових функціональних компонентів, аналіз преференцій використання генеративних моделей у геймдеві та верифікацію технічних обмежень запропонованого підходу.

Запропонована система базується на використанні великої мовної моделі як центрального ядра генерації діалогового контенту. Архітектура програмного комплексу включає декілька взаємопов'язаних модулів, структуру взаємодії яких представлено на рис. 1. Базовим елементом є модуль аналізу ігрового контексту, що акумулює дані про поточний стан ігрового світу, просторові координати персонажа, активні квести, ретроспективу діалогів та репутаційний профіль гравця. Другим компонентом є система формування AI-запиту (Prompt Generator), що здійснює трансформацію внутрішніх параметрів гри у структурований промпт для мовної моделі. Наступною ланкою є модуль генерації відповіді на базі LLM, який здійснює безпосередній синтез

репліки NPC з урахуванням наданого контексту. Фінальним елементом виступає менеджер діалогів, відповідальний за верифікацію коректності вихідних даних, фільтрацію небажаного контенту та програмну інтеграцію з ігровим рушієм.

Концептуальна схема функціонування системи, наведена на рис. 2, передбачає ітераційне проходження етапів обробки даних. Ініціація взаємодії гравця з NPC активує збір інформації про стан системи та формування структурованого контексту. Надалі здійснюється генерація текстового запиту для передачі до AI-моделі. На основі отриманого запиту модель синтезує відповідь, що підлягає обов'язковій валідації та адаптації до внутрішніх правил ігрового лору. Кінцевим етапом є інтеграція сформованої репліки у інтерфейс діалогової системи для відображення користувачу.

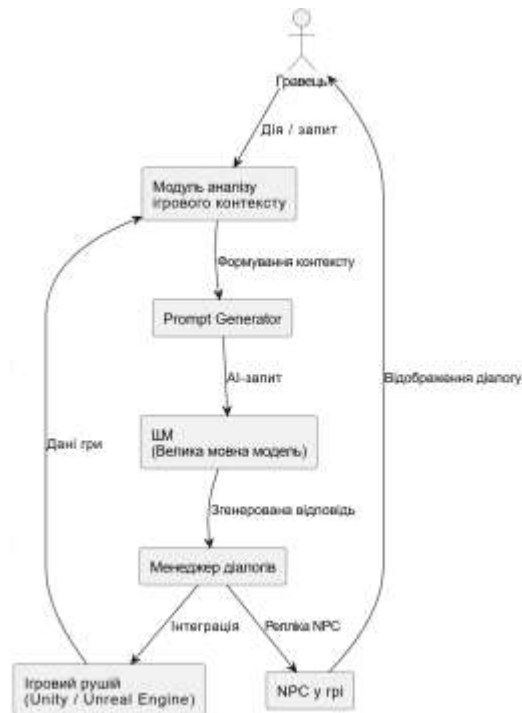


Рис. 1 – Архітектура AI-орієнтованої системи генерації діалогів NPC



Рис. 2 – Концептуальна схема функціонування системи генерації AI-діалогів

Імплементація генеративного штучного інтелекту в екосистему NPC забезпечує низку стратегічних переваг. По-перше, досягається висока варіативність вербальної взаємодії, що позитивно корелює з показником реіграбельності проєкту. По-друге, реалізується персоналізована адаптація поведінки агентів до стилю гри конкретного користувача. По-третє, мінімізується потреба у ручній розробці масивів сценаріїв, що дозволяє оптимізувати девелоперський цикл масштабних RPG-проєктів та інтерактивних симуляторів [3].

Окрему увагу слід приділити детермінації проблем та обмежень експлуатації генеративного ШІ у відеоіграх. Ключовим деструктивним фактором є значна інтенсивність навантаження на обчислювальні ресурси під час генерації контенту в реальному часі. Крім того, існує ймовірність виникнення галюцинацій мовних моделей (нелогічних або некоректних реплік), що загрожує цілісності ігрового нарративу. Важливим аспектом також є модерація контенту та забезпечення відповідності відповідей встановленим віковим цензам. Для нівелювання зазначених ризиків доцільно впроваджувати системи премодерації, механізми кешування відповідей та використовувати локальні квантовані AI-моделі з оптимізованими параметрами.

Практична реалізація подібних архітектурних рішень є можливою на базі сучасних ігрових рушіїв, зокрема Unity та Unreal Engine, із залученням API великих мовних моделей. Інтеграція реалізується через мережеві запити до хмарних AI-сервісів або шляхом локального виконання оптимізованих моделей на клієнтській стороні. Для редукції латентності відповіді доцільно застосовувати методи асинхронної генерації тексту та предиктивне формування контекстуальних реплік.

У результаті проведеного дослідження доведено, що використання генеративного штучного інтелекту в системах NPC є пріоритетним напрямом еволюції ігрової індустрії. Запропонований підхід дозволяє суттєво підвищити рівень інтерактивності, забезпечити адаптивність комунікації та сформувати більш автентичне віртуальне середовище. Подальші наукові пошуки мають бути спрямовані на оптимізацію швидкодії алгоритмів ШІ, удосконалення протоколів контролю контенту та інтеграцію мультимодальних інтерфейсів взаємодії у структуру відеоігор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «OpenAI API Platform» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://platform.openai.com/docs>
2. «Artificial Intelligence and Games» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://gameaibook.org/>
3. «Unity AI and Machine Learning» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://unity.com/solutions/ai>

УДК 004.8

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ІНТЕГРАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ІГРОВИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ

ЦАП Д. І. (denys.tsap-ip232@nung.edu.ua)

ЦАРЕВА О.С. (oleksandra.tsareva@nung.edu.ua)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У цій роботі розглянуто сучасні підходи до інтеграції штучного інтелекту та машинного навчання в ігрових програмних системах. Показано, що впровадження генеративного ШІ, великих мовних моделей (LLM) та навчання з підкріпленням відкриває нові можливості для автоматизації створення контенту, розробки "живих" NPC та динамічної адаптивності геймплею.

Постановка проблеми. Сучасна індустрія відеоігор зіштовхується з кризою масштабування: очікування гравців щодо розмірів віртуальних світів, реалістичності поведінки персонажів та унікальності ігрового досвіду зростають у швидкому темпі, тоді як традиційні методи розробки, засновані на ручному програмуванні та деревах поведінки (Behavior Trees), досягли своєї межі ефективності. Класичний ігровий штучний інтелект є передбачуваним, оскільки працює за жорстко прописаними сценаріями, що призводить до швидкого вивчення гравцем шаблонів поведінки ворогів та втрати імєрсії. Крім того, створення масштабного контенту потребує

колосальних людських та фінансових ресурсів. Це ставить перед розробниками завдання пошуку та впровадження новітніх підходів на базі справжнього штучного інтелекту та машинного навчання, здатних генерувати контент, адаптувати ігровий процес та створювати автономних агентів у режимі реального часу.

Перелік вирішених питань. Проаналізовано перехід від класичного сценарного ШІ до систем на базі машинного навчання в ігрових програмних системах. Визначено роль генеративного штучного інтелекту (GenAI) в оптимізації процесів створення ігрових ассетів (текстур, моделей, анімацій). Розглянуто інтеграцію великих мовних моделей (LLM) для створення динамічних неігрових персонажів (NPC) зі здатністю до вільної комунікації. Окрім цього, досліджено застосування методів навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) для розробки систем динамічного балансування складності (Dynamic Difficulty Adjustment, DDA) та автоматизованого тестування ігрових локацій. Висвітлено основні технічні виклики: забезпечення швидкодії в реальному часі, боротьба з галюцинаціями ШІ та збереження авторського контролю над нарративом.

Виклад основного матеріалу. Штучний інтелект та машинне навчання сьогодні виступають не просто допоміжними інструментами, а фундаментальними архітектурними елементами сучасних ігрових рушіїв. Традиційний підхід до розробки передбачав створення ілюзії інтелекту шляхом написання складних кінцевих автоматів (Finite State Machines). Сучасні ж підходи орієнтовані на створення систем, які здатні самостійно навчатися, робити висновки на основі дій гравця та генерувати унікальний досвід під час кожного ігрового сеансу.

Актуальність інтеграції ШІ зумовлена насамперед економічними та творчими факторами. Процедурна генерація контенту (PCG), посилена нейронними мережами, дозволяє створювати цілі всесвіти з мінімальним втручанням людини. Штучний інтелект трансформує ігрову індустрію, дозволяючи розробникам створювати більше контенту за менший час, при цьому 62% студій вже використовують інструменти ШІ у своїх щоденних робочих процесах для прототипування та генерації ассетів[1]. Це суттєво знижує поріг входження для інді-розробників та прискорює цикл випуску AAA-проектів.

Окремим потужним вектором є революція у сфері взаємодії з неігровими персонажами. Традиційні NPC обмежені кількома заздалегідь записаними фразами. Впровадження великих мовних моделей (LLM) дозволяє створювати агентів, які мають власну "пам'ять", характер та здатні вести осмислений діалог природною мовою. Інтеграція передових ШІ-моделей у поведінку NPC кардинально змінює парадигму геймдизайну; 84% гравців заявляють, що розширені можливості штучного інтелекту в поведінці персонажів суттєво позитивно вплинуть на їхній ігровий досвід і бажання купувати гру [2]. Такі NPC можуть аналізувати контекст ситуації, реагувати на емоційний стан гравця та навіть самостійно змінювати хід квесту.

Не менш важливою інновацією є використання навчання з підкріпленням (RL) для адаптації ігрових механік. Якщо раніше рівні складності були статичними (Легкий/Середній/Важкий), то сучасні ML-системи аналізують сотні параметрів гравця (швидкість реакції, точність, стиль гри) і непомітно змінюють параметри середовища для підтримки ідеального "стану потоку" (Flow). Більше того, RL-агенти використовуються розробниками для автоматизованого тестування: боти грають у гру мільйони разів, виявляючи баги та дисбаланс ще до релізу. Методи глибокого навчання з підкріпленням дозволяють створювати агентів, які не лише імітують поведінку людини-тестувальника з високою точністю, але й здатні виявляти крайові випадки (edge cases) та експлуатувати, які неможливо знайти за допомогою традиційних методів QA-тестування.[3]

Разом з тим, масове впровадження ML-моделей в ігрові системи стикається з низкою перешкод. По-перше, виконання складних нейромережових обчислень локально на пристрої гравця вимагає високих апаратних потужностей. Використання хмарних API вирішує цю проблему, але породжує залежність від постійного інтернет-з'єднання (always-online) та викликає затримки (latency). По-друге, існує проблема непередбачуваності: LLM можуть "галюцинувати" або генерувати контент, що виходить за рамки вікового рейтингу чи лору гри, що вимагає створення складних систем фільтрації (Guardrails).

Висновки. Інтеграція штучного інтелекту та машинного навчання в ігрові програмні системи є неминучим етапом еволюції індустрії. Перехід від жорстко запрограмованих алгоритмів до нейромереж, здатних до навчання та генерації, кардинально змінює як процес створення ігор, так і досвід гравця. Використання GenAI оптимізує розробку, LLM-моделі роблять віртуальні світи "живими" через глибоку інтерактивність NPC, а навчання з підкріпленням забезпечує ідеальну персоналізацію геймплею через динамічну адаптацію складності. Попри технічні виклики,

пов'язані з продуктивністю обчислень та модерацією згенерованого контенту, ШІ-екосистеми відкривають шлях до створення ігор з нескінченною можливістю проходження. У найближчому майбутньому головним завданням ігрових програмістів та геймдизайнерів стане не написання кожного окремого сценарію, а проектування правил світу і навчання ШІ-моделей діяти в їхніх межах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 2026 Unity Game Development Report: Dev insights and trends | Unity. Unity. URL: <https://unity.com/resources/gaming-report> (date of access: 09.04.2026).
2. The Future Of NPCs: What Gamers Demand From Next-Gen Characters. Game Industry Library - Game Industry Intelligence Platform. URL: <https://gameindustrylibrary.com/documents/future-of-npcs-report-unknown-time-unknown-time-2025> (date of access: 09.04.2026).
3. Bi, H. (2024). The application of reinforcement learning algorithms in intelligent games. Applied and Computational Engineering, 54, 265-270.

УДК 004.75

ТРИРІВНЕВА МОДЕЛЬ ОРКЕСТРАЦІЇ В ГЕТЕРОГЕННИХ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ

ЧМЕЛЕВСЬКИЙ А.М. (stech@stud.op.edu.ua),
Національний університет "Одеська політехніка"

Дослідження спрямоване на розв'язання проблеми підтримки доступності даних у гетерогенних мобільних системах, що функціонують в умовах змінної мережевої топології та обмежених апаратних ресурсів вузлів. У роботі запропоновано трирівневу модель оркестрації, яка поєднує механізми інтелектуального керування ресурсами, адаптивної реплікації даних і динамічного розподілу навантаження між мобільними вузлами. Функціонування моделі базується на аналізі інтегральних показників стабільності з'єднань між вузлами з урахуванням енергетичних характеристик пристроїв, а також використанні механізмів конкурентного оновлення та заміщення застарілих даних. Це дозволяє підвищити надійність зберігання інформації та ефективність роботи мобільної системи в умовах нестабільного мережевого середовища.

Вступ. Сучасний розвиток інформаційних технологій супроводжується різким збільшенням кількості мобільних пристроїв, які інтегруються у динамічні розподілені середовища, зокрема Fog computing [1] та Mobile Ad-hoc Networks (MANET) [2]. У реальних гетерогенних мережах, де вузли суттєво відрізняються за обчислювальними ресурсами, якістю каналу зв'язку та способами зберігання даних, особливої актуальності набуває проблема забезпечення доступності інформації в розподілених системах. Еволюція моделей збереження даних у розподілених системах пройшла шлях від централізованих реляційних баз даних до сучасних гнучких та масштабованих рішень [3]. До таких систем належать розподілені файлові системи, зокрема Hadoop Distributed File System (HDFS), NoSQL-рішення типу Apache Cassandra, об'єктні хмарні сховища на кшталт Amazon S3, а також децентралізовані архітектури на основі периферійних обчислень і блокчейн-платформи, такі як Hyperledger Fabric. Незважаючи на широкий спектр існуючих підходів, більшість із них орієнтовані на стабільні серверні або датацентричні середовища, що обмежує їх ефективність у мобільних гетерогенних мережах. Ключовим недоліком таких моделей є недостатній облік динамічної зміни складу вузлів, обмеженості енергетичних ресурсів мобільних пристроїв та нестабільності мережевих з'єднань у реальному середовищі [4]. Вирішення цієї задачі ускладнюється необхідністю підтримки стабільного доступу до даних в умовах постійної зміни топології мережі та обмежених ресурсів мобільних вузлів.

Мета роботи: забезпечення високої доступності даних у гетерогенних мобільних системах за умов динамічної зміни топології мережі та обмеженості ресурсів мобільних вузлів шляхом розроблення трирівневої моделі оркестрації мережі.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовано та розв'язано такі задачі:

1. Розробити трирівневу модель оркестрації та гібридного збереження даних, адаптовану до умов фрагментації у мобільних периферійних системах із використанням семантичних стандартів.

2. Провести експериментальну оцінку запропонованих рішень у порівнянні з існуючими підходами за критеріями доступності даних, продуктивності та енергоефективності.

Трирівнева модель оркестрації. Для подолання обмежень розглянутих моделей збереження даних пропонується гібридна модель, що базується на інтеграції інтелектуального управління мережею та децентралізованого механізму верифікації даних. Модель організована таким чином, щоб максимально наблизити дані до споживача. Архітектура моделі складається з трьох ієрархічних рівнів.

1. *Фізичний рівень.* Цей рівень представляє собою динамічний граф гетерогенних пристроїв (від звичайних смартфонів та IoT-сенсорів до безпілотних літальних апаратів та транспортних мереж), який об'єднує фізичні пристрої в єдину мережу. Кожен вузол виділяє квоту пам'яті у спільний віртуалізований простір. Завдяки парадигмі SDS, всі розрізнені та несумісні формати пам'яті абстрагуються операційною системою та об'єднуються у єдиний масштабований логічний простір без прив'язки до апаратного забезпечення. На цьому рівні вузли виконують функцію пасивних сховищ та комутаторів, відповідаючи виключно за кешування даних, енергоефективну ретрансляцію пакетів та виконання прямих наказів від рівня управління.

2. *Рівень логічного управління та оркестрації.* Цей рівень відокремлює логіку прийняття рішень від фізичної передачі даних та реалізується через набір динамічно обраних вузлів-контролерів SDN. В умовах децентралізації це можуть бути найбільш потужні та стабільні пристрої (вибрані через алгоритми лідерства), або ж, у випадку наявності периферійної інфраструктури, виділені кластери контролерів, що гарантують відсутність єдиної точки відмови. Контролери підтримують в оперативній пам'яті глобальну віртуальну мапу мережі, агрегуючи безперервний потік телеметрії від усіх вузлів: точні координати, вектори швидкості, рівень заряду акумуляторів і якість каналів. Алгоритми на основі штучного інтелекту приймають рішення щодо превентивної маршрутизації та прогнозування розривів топології на основі контексту, вирішуючи куди повинна бути мігрована репліка, коли ініціювати її копіювання та яким чином маршрутизувати запити користувачів, обходячи зони інтерференції.

3. *Рівень управління узгодженістю.* Відповідає за те, щоб збережені дані залишалися коректними. Оскільки мережа страждає від фізичних розривів, традиційні протоколи консенсусу призведуть до повного колапсу. Тому на цьому рівні впроваджується дворівнева модель узгодженості. Весь масив структурованих даних розбивається на два логічні кластери на основі семантичної близькості інформації або географічного розташування споживачів.

Структурна схема трирівневої оркестрації в гетерогенних мобільних системах наведена на рис. 1.

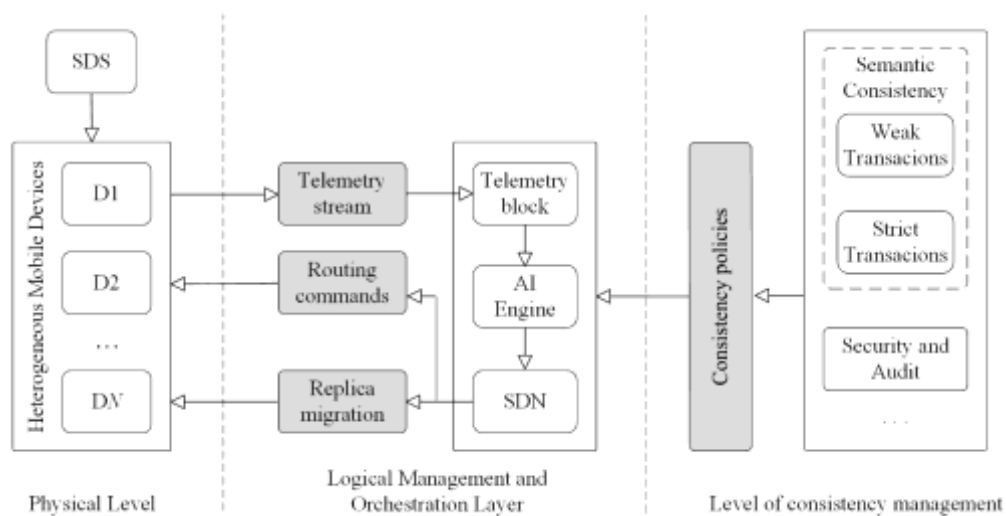


Рис. 1 – Структурна схема трирівневої оркестрації в гетерогенних мобільних системах

Ефективність запропонованої трирівневої моделі оркестрації оцінюється на основі зіставлення із двома найпоширенішими класами існуючих підходів: статичною реплікацією та DHT. Результати експерименту з тестування статичної реплікації наведені в Таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати тестування статичної та динамічної реплікації

Сценарій швидкості руху вузлів	Статична реплікація	DHT	Запропонована модель
10 км/год (пішохідний рух, низька інтенсивність обрива зв'язку)	88.5%	92.1%	98.4%
20 км/год (рух велосипедів / самокатів)	82.3%	85.6%	96.7%
60 км/год (міський транспорт, зміна кластерів)	65.1%	61.2%	91.2%
100 км/год (траса, висока інтенсивність обрива зв'язку)	48.2%	40.5% (деградація маршрутизації)	84.5%

Висновки. У сучасних гетерогенних мобільних системах традиційні децентралізовані підходи, засновані на периферійних обчисленнях, демонструють обмежену ефективність в умовах інтенсивної динаміки мережі, зокрема масового підключення, відключення та переміщення вузлів. Для подолання зазначених обмежень у роботі запропоновано трирівневу модель оркестрації та збереження даних у розподіленому мобільному середовищі. Запропонована гібридна модель забезпечує інтелектуальне фрагментування та координацію даних між рівнями системи, що дозволяє підтримувати логічну цілісність і стабільність функціонування навіть за суттєвої деградації фізичної мережевої інфраструктури.

Результати експериментального дослідження підтверджують ефективність запропонованої моделі оркестрації. Зокрема, система забезпечує коефіцієнт успішної доставки запитів понад 84,5% навіть в умовах високої мобільності вузлів зі швидкістю до 100 км/год, що більш ніж удвічі перевищує показники класичних P2P DHT-протоколів, для яких цей показник становить близько 40,5%. Додатково запропонований підхід дозволяє істотно зменшити час доступу до структурованих даних — із 210 мс до 85 мс — завдяки централізованій логічній оркестрації маршрутів, усуненню надлишкових P2P-переходів та використанню найбільш стабільних і коротких фізичних каналів зв'язку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] D. Aldossary, E. Aldahasi, T. Balharith, and T. Helmy, “A Systematic Literature Review on Load-Balancing Techniques in Fog Computing: Architectures, Strategies, and Emerging Trends,” *Computers*, vol. 14, no. 6, p. 217, 2025, doi: 10.3390/computers14060217.
- [2] V. U. Rathod and S. V. Gumaste, “Role of Deep Learning in Mobile Ad-hoc Networks,” *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 10, no. 2s, pp. 237–246, 2022, doi: 10.17762/ijritcc.v10i2s.5938.
- [3] G. Carvalho et al., “A Survey of Holistic Approaches for Distributed Database Systems: From Conceptual Model to Deployment,” *IEEE Access*, vol. 13, pp. 120831–120834, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3587670.
- [4] Y.-X. Huang and J. Chou, “A Survey of NFV Network Acceleration from ETSI Perspective,” *Electronics*, vol. 11, no. 9, 2022, doi: 10.3390/electronics11091457.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ API ABUSE НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

ЩЕРБА А.О. (anton.shcerba04@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет

Запропоновано інтелектуальну систему виявлення зловживань API (API Abuse) на основі методів машинного навчання. Розглянуто основні типи API Abuse, зокрема brute force, credential stuffing, scraping та DDoS через API. Проаналізовано підходи до формування навчальних вибірок та вибору ознак для класифікації аномальних запитів, а також оцінено ефективність різних алгоритмів машинного навчання для вирішення поставленої задачі.

Стрімке зростання кількості веб-сервісів та API-інтерфейсів у сучасних розподілених системах зумовлює актуальність задачі захисту від зловживань. API Abuse охоплює широкий спектр зловмисних дій: від масового перебору автентифікаційних даних (brute force, credential stuffing) до несанкціонованого збіркання даних (scraping) та організації розподілених атак типу DDoS через API. Традиційні підходи до захисту, засноваосновані на статичних правилах та обмеженнях кількості запитів, не здатні ефективно протистояти адаптивним атакам. Застосування методів машинного навчання дозволяє автоматично виявляти аномальні патерни у трафіку та класифікувати зловмисну активність у реальному часі.

У рамках дослідження розроблено інтелектуальну систему виявлення API Abuse, що функціонує на основі ансамблевих методів машинного навчання. Для формування навчальної вибірки використовувалися журнали HTTP-трафіку реальних web-застосунків із попередньо розміченими зловмисними запитами, а також синтетично згенеровані приклади атак. Набір ознак містить більш ніж 30 параметрів, що описують поведінку клієнта: частоту запитів, розподіл між ендпоінтами, характеристики заголовків HTTP, геолокацію IP-адреси та часові патерни активності [1].

Порівняльний аналіз алгоритмів показав, що метод Random Forest демонструє найкращі результати серед одиночних класифікаторів з точністю 94,7% на тестовій вибірці. Використання ансамблевого підходу з поєднанням Random Forest, Gradient Boosting та ізольованого лісу (Isolation Forest) для виявлення новизни підвищило загальну точність до 97,2% при рівні хибнопозитивних спрацьовувань менше 1,3% [2]. Бінарна класифікація (норма / атака) доповнена багатокласовою, що дозволяє розрізняти тип атаки для адаптивного реагування.

Систему інтегровано у вигляді проміжного шару (middleware) перед API-шлюзом. Час інференсу для одного запиту не перевищує 4 мс, що дозволяє працювати в режимі реального часу без помітного впливу на затримку (latency) API [3]. Передбачено механізм інкрементального перенавчання моделі на нових даних без повного переходу навчання, що забезпечує адаптацію системи до нових типів атак.

Тестування системи проводилось на навантаженнях до 10 000 запитів на секунду в умовах, близьких до реальних. Результати підтвердили ефективність підходу: система своєчасно блокувала понад 98% змідельованих атак, зберігаючи стабільну продуктивність. Разом з тим виявлено обмеження, пов'язані з дисбалансом класів у навчальних даних, що вимагає застосування технік oversampling (SMOTE) та калібрування порогів класифікації [4]. Для забезпечення пояснюваності рішень моделі використано інструменти SHAP, що дозволяє аналітикам безпеки розуміти причини спрацьовування детектора [5].

Розроблена інтелектуальна система виявлення API Abuse на основі машинного навчання демонструє високу ефективність у виявленні різних типів зловмисної активності в умовах реального API-трафіку. Запропонований ансамблевий підхід, доповнений механізмами інкрементального навчання та пояснюваності, формує основу для побудови адаптивних систем захисту. Подальші дослідження передбачають інтеграцію зі системами SIEM та розширення набору ознак за рахунок глибинного аналізу пакетів (DPI).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Chandola, V. Anomaly Detection: A Survey / Chandola V., Banerjee A., Kumar V. // ACM Computing Surveys. – 2009. – Vol. 41, No. 3. – pp. 1–58.
2. Breiman, L. Random Forests / Breiman L. // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45, No. 1. – pp. 5–32.
3. Liu, F. T. Isolation Forest / Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z.-H. // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). – 2008. – pp. 413–422.
4. Chawla, N. V. SMOTE: Synthetic Minority Over-sampling Technique / Chawla N. V., Bowyer K. W., Hall L. O., Kegelmeyer W. P. // Journal of Artificial Intelligence Research. – 2002. – Vol. 16. – pp. 321–357.
5. Lundberg, S. M. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions / Lundberg S. M., Lee S.-I. // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2017. – Vol. 30. – pp. 4765–4774.

УДК 004.8:004.94

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ АДАПТАЦІЇ КОНТЕНТУ В ІГРОВИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

ЮДИНА Л.Г., СІМЧУК А.Ю. (6433061@stud.kai.edu.ua)
(Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна)

Сучасні ігрові системи активно інтегрують методи штучного інтелекту для забезпечення адаптивності, персоналізації та динамічної генерації контенту. Особливу роль відіграють підходи машинного навчання, які дозволяють формувати поведінку ігрових агентів, адаптувати складність гри до користувача та генерувати унікальні сценарії взаємодії. У роботі досліджуються підходи до побудови адаптивних ігрових систем на основі аналізу поведінкових даних гравця.

Сучасні ігрові системи дедалі більше переходять від статичних сценаріїв до динамічних інтерактивних середовищ, у яких поведінка персонажів, складність гри та сам ігровий контент формуються в реальному часі. Ключову роль у цьому процесі відіграють методи штучного інтелекту та машинного навчання, які дозволяють не лише моделювати поведінку ігрових агентів, а й аналізувати дії гравця та адаптувати ігровий процес під його індивідуальний стиль.

Основна частина. Ігровий штучний інтелект уже давно вийшов за межі простих скриптів і кінцевих автоматів. У сучасних іграх активно використовуються моделі, здатні навчатися на основі взаємодії з гравцем, прогнозувати його поведінку та змінювати власні стратегії. Це дозволяє створювати більш реалістичні та непередбачувані сценарії, в яких гравець відчуває, що система реагує на нього як на унікального учасника процесу, а не як на абстрактного користувача.

Особливо важливим напрямом є адаптивна складність гри, яка базується на аналізі поведінкових даних. Система враховує швидкість проходження рівнів, кількість помилок, стиль взаємодії з ігровими механіками та інші параметри, після чого динамічно змінює складність. Такий підхід дозволяє уникнути як надмірної складності, що призводить до фрустрації, так і занадто простого геймплею, який швидко втрачає інтерес. Фактично формується замкнений цикл: збір даних – аналіз – адаптація – нові дані.

Паралельно з цим активно розвивається процедурна генерація контенту, яка дозволяє створювати унікальні ігрові середовища без ручного проєктування кожного елементу. Використання генеративних моделей, еволюційних алгоритмів та гібридних підходів відкриває можливість формування рівнів, квестів і навіть сюжетних ліній у режимі реального часу. У поєднанні з адаптивними механізмами це призводить до появи ігор, у яких кожен користувач отримує фактично унікальний досвід.

Окрему роль відіграє використання штучного інтелекту як інструменту побудови наративу. Замість жорстко заданих сценаріїв формується динамічна структура історії, яка змінюється

залежно від дій гравця. Це дозволяє перейти від лінійного до нелінійного сторітелінгу, де сюжет не просто розгортається, а співстворюється у взаємодії між гравцем і системою.

Разом з тим, впровадження таких підходів супроводжується низкою викликів. Зокрема, складно забезпечити баланс між адаптивністю та передбачуваністю системи, уникнути перенавчання моделей, а також оцінити якість згенерованого контенту з точки зору ігрового досвіду. Крім того, зростає обчислювальне навантаження, що потребує оптимізації алгоритмів та ефективного використання ресурсів.

Таким чином, поєднання методів машинного навчання, адаптивних алгоритмів та процедурної генерації контенту формує новий клас ігрових систем, які можна розглядати як інтелектуальні динамічні середовища. Такі системи не лише реагують на дії користувача, але й активно формують індивідуальний сценарій взаємодії, що суттєво підвищує рівень залученості та варіативність ігрового процесу.

Для реалізації адаптивного ігрового процесу доцільно використовувати інтегровану архітектуру на рис. 1, яка поєднує модулі збору даних, аналізу поведінки гравця, прийняття рішень та генерації контенту. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервну адаптацію системи до змін у стилі гри користувача та формувати персоналізований ігровий досвід у реальному часі.

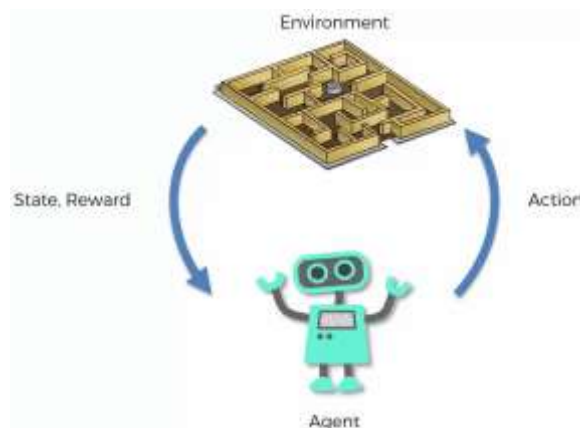


Рис.1. – Архітектура адаптивної ігрової системи на основі штучного інтелекту

На рисунку представлено узагальнену архітектуру адаптивної ігрової системи. Вхідним елементом є поведінкові дані гравця, що включають параметри взаємодії, швидкість проходження, частоту помилок та інші характеристики. Ці дані передаються до модуля аналізу, де за допомогою методів машинного навчання формується модель гравця.

Висновки. Отримана модель використовується модулем прийняття рішень, який визначає оптимальні параметри ігрового середовища. На основі цих параметрів здійснюється адаптація складності гри, а також генерація нового контенту за допомогою процедурних алгоритмів. Результати змін впливають на подальшу поведінку гравця, формуючи замкнений цикл адаптації. Запропонована архітектура дозволяє розглядати ігрову систему як динамічне середовище з постійним зворотним зв'язком, у якому кожна дія гравця впливає на подальший розвиток ігрового процесу. Такий підхід забезпечує не лише підвищення рівня залученості користувача, але й створює умови для формування індивідуального сценарію взаємодії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kashkevich, S. (Ed.) (2025). Decision support systems: mathematical support. Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC, 202. <https://doi.org/10.15587/978-617-8360-13-9>.
2. Mohammed, B. A., Stanovska, I., Kashkevich, S., Lebedynskyi, A., Vakulenko, Y., Protas, N., Klyuchak, O., Lastivka, O., Semeniuk, A., Kivshar, O. (2025). Development of a methodological approach for assessing the condition of complex organizational and technical systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (3 (134)), 47–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.326468>

**I Міжнародна науково-практична конференція
I International Scientific and Practical Conference**

**«КОМП'ЮТЕРНІ ІГРИ ТА МУЛЬТИМЕДІА ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ
ПІДХІД ДО КОМУНІКАЦІЇ»
«COMPUTER GAMES AND MULTIMEDIA AS AN INNOVATIVE
APPROACH TO COMMUNICATION»**

Одеса
Odesa

21-22 травня 2026 р.
May 21-22, 2026

Збірник включає доповіді учасників конференції. Тези доповідей публікуються у вигляді, в якому вони були подані авторами.

Відповідальність за зміст і форму подачі матеріалу несуть автори статей.

The collection includes reports of conference participants. Abstracts are published in the form in which they were submitted by the authors.

The authors of the articles are responsible for the content and form of submission of the material.

Редакційна колегія: Котлик С.В., Шестопапов С.В., Жуковецька С.Л.

Комп'ютерний набір і верстка: Жуковецька С.Л.

Відповідальний за випуск: Шестопапов С.В.