

УДК 004.94

MSC 05C09, 91A44, 97B99

DEVELOPMENT AND USE OF GAMIFIED LEARNING SOFTWARE

A. O. PASHKO, H. Y. HOLUBOV

Faculty of Computer Science and Cybernetics, Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Kyiv, Ukraine, E-mail: aapashko@gmail.com, holubovhlib.gd@gmail.com

РОЗРОБКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ГЕЙМІФІКОВАНОГО НАВЧАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

A. O. ПАШКО, Г. Є. ГОЛУБОВ

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики, Київський національний університет імені
Тараса Шевченка, Київ, Україна, E-mail: aapashko@gmail.com, holubovhlib.gd@gmail.com

ABSTRACT. The integration of digital systems into the educational system is a relevant area of development of information and learning technologies. Studies show that digital systems have a positive impact on the learning process. Video games and gamified materials are used to better present the material of academic disciplines and are an effective means of increasing the interest of students. The paper discusses approaches to building and using educational game applications. An analysis of the possibilities of using Minecraft in the educational process is carried out. The authors developed their own application for learning elements of discrete mathematics. Gamification of the educational process can be used to simplify the learning of complex disciplines and the acquisition of new knowledge.

KEYWORDS: Education, information systems, gamification, video games, game-based learning applications.

АНОТАЦІЯ. Інтеграція цифрових систем в навчальну систему є актуальним напрямком розвитку інформаційних навчальних технологій. Дослідження показують, що цифрові системи мають позитивний вплив на навчальний процес. Відеоігри та гейміфіковані матеріали використовуються для кращого подання матеріалу навчальних дисциплін та є ефективним засобом збільшення зацікавленості здобувачів освіти. В роботі розглядаються підходи до побудови та використання навчальних ігрових застосунків. Проведено аналіз можливостей використання Minecraft в навчальному процесі. Розроблено власний застосунок для вивчення елементів дискретної математики. Гейміфікація навчального процесу може бути використана для спрощення навчання комплексним дисциплінам та засвоєння нових знань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Навчання, інформаційні системи, гейміфікація, відеоігри, ігрові навчальні застосунки.

Вступ

Використання інформаційних технологій в підготовці здобувачів освіти набирає популярності в останнє десятиліття. Сучасні інформаційні системи і технології активно використовуються при підготовці вчителів іноземної мови, при вивченні математичних дисциплін ІТ-фахівцями, тощо [1]– [5].

Спрощення засвоєння знань та здобуття навичок є важливою задачею під час підготовки навчального процесу. Розвиток технологій та педагогічних практик надає можливість збільшити ефективність та комфортність навчального процесу. Використання цифрових матеріалів та інформаційних систем сприяє покращенню здатності здобувачів до засвоєння інформації [6]– [7]. Широке поширення застосування інформаційних цифрових засобів відбулося під час пандемії COVID-19 для організації дистанційного навчання [4], [5], [8], [9].

Однак дистанційне навчання має ряд недоліків, до яких відносяться: утримання уваги студентів, підтримка рівня зацікавленості, технічні складнощі під час використання цифрових сервісів, підтримка зв'язку між учнями та викладачами, обмеженість можливостей сучасних навчальних інформаційних систем та складнощі з передачею інформації [8].

Використання цифрових систем з контролю навчання студентів у вищих навчальних закладах може викликати труднощі, оскільки потребує від них як самостійності під час використання, так і прийнятності користування нею серед спільноти здобувачів освіти [10]. Важливим аспектом таких систем є інтуїтивність інтерфейсу та наявність зрозумілого посібника, що навчав би ними користуватись.

Тому використання додаткових засобів навчання, що дозволяли б навчатись незалежно від доступу до викладача є важливим кроком для покращення досвіду здобувача.

Доступ до навчальних цифрових матеріалів має позитивний ефект на успішність здобувачів освіти. Згідно аналізу досліджень ефективності використання цифрових матеріалів для покращення успішності дітей, що мають складнощі з навчанням математиці, як відео ігрові навчальні застосунки, так і цифрові матеріали в форматі відео наставлень мають позитивний вплив на здатність дітей до засвоєння математичних навичок [7]. Аналіз досліджень, представлений в праці [7] показав, що ефективність використання цифрових навчальних посібників має подібні результати для студентів шкільного та дошкільного віку. Варто зазначити, що наставлення та допомога вчителів відіграє важливу роль для навчання дітей з використанням цифрових матеріалів та відео ігрових застосунків.

Цифрові матеріали та відео ігрові застосунки здатні позитивно впливати на здатність людини до прийняття рішень та сприймати інформацію [7], [11]. При дослідженні впливу ігрових застосунків та відео матеріалів на упередженість підтвердження та основну помилку атрибуції було виявлено, що використання цифрових матеріалів для покращення сприйняття інформації та прийняття рішень має як короткочасний, так і довготривалий ефект [11]. При цьому ігрові застосунки мають дещо кращий ефект,

ніж відео матеріали. Однак дослідження не дає точної відповіді на запитання, чому саме ігрові застосунки є більш ефективними.

1. ГЕЙМІФІКАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА НАВЧАЛЬНІ ІГРОВІ ЗАСТОСУНКИ

Згідно з дослідженнями, для певних задач з навчання ігрова форма має позитивний вплив на успішність учнів [6]– [7] та може мати позитивний вплив на психічний стан людини [12]. Проте існують і такі сфери, в яких відсутня значна різниця між ефективністю засобів з гейміфікації та традиційних методів навчання [13]. Використання засобів та методик гейміфікації під час навчального процесу має позитивний вплив на зацікавленість учнів навчальним процесом, їх креативність та співпрацю [14].

Сервіс “Education.com” є найбільш розвинутим джерелом ігрових навчальних застосунків. Він пропонує доступ до заздалегідь підготовленого набору ігрових матеріалів, що розраховані на дітей від дошкільного віку до учнів восьмого класу. На сайті присутні як навчальні матеріали, так і засоби для тестування. Однак вони обмежуються рівнем шкільної освіти.

Прикладом сервісу для гейміфікації навчального процесу є “Kahoot!”. Сервіс надає можливості до створення презентацій для пояснення теми, проведення тестів у ігрових формах, легкого збору зворотного зв'язку та засоби, щоб організовувати колективні активності.

Дослідження, присвячене використанню сервісу “Kahoot!” показало збільшення зацікавленості студентів та покращення їх успішності [6]. Згідно результатів засвоєння знань було більш довготривалим, ніж при традиційному навчанні. Проте важливо зазначити, що вибірка була досить малою, тому необхідно провести більше досліджень для перевірки ефективності сервісу з гейміфікації навчального процесу “Kahoot!”.

Перелічені сервіси, що пропонують навчальні ігри є дещо обмежені в наданні користувачеві можливостей до прийняття рішень. Їх доцільніше назвати тестуванням з використанням ігрового контексту, ніж навчальними іграми.

Згідно дослідження [15], при використанні ігрових застосунків помічено збільшення ентузіазму при навчанні та з їх використанням. Ігрові навчальні застосунки покращують позитивний ефект від навчання та мають позитивний ефект на міжособистісні відносини та соціальну комунікацію. Однак ігрові застосунки, що ставлять перед учнем складну задачу збільшують когнітивне навантаження на користувача, що може погіршувати продуктивність процесу навчання.

2. ВИКОРИСТАННЯ ВІДЕО ІГОР ДЛЯ НАВЧАННЯ

У відео ігор є значна перевага в порівнянні зі звичайним вирішенням задач чи проходженням тестів. Ігрові застосунки здатні підтримувати увагу користувачів шляхом створення додаткового контексту, що заохочував би гравців до вирішення задачі.

Важливим аспектом під час створення ігор є формування ігрового досвіду таким чином, щоб надавати гравцеві такі задачі, які він зможе вирішити та створювати умови, що заохочували б його до подолання складнощів [16]. Це співпадає з процесом навчання, оскільки засвоєння ігрових механік подібне до засвоєння учбового матеріалу. Студенту пояснюють теорію, а потім надають відповідні їй завдання, щоб застосувати знання на практиці.

Ігровий застосунок Minecraft отримав «навчальну версію» для використання в учбових закладах. Гра Minecraft може бути використаною як віртуальна бібліотека чи для ілюстрації наукових концепцій. Віртуальні активності для занять включають роботу за алгоритмами, розклад віртуальних предметів на хімічні компоненти, побудова об'єктів згідно до системи координат тощо.

Згідно дослідження, проведеного з залученням студентів вищої педагогічної освіти, Minecraft має позитивний вплив на формування навичок взаємодії [17]. Дослідження показало, що під час виконання задачі з побудови дзеркального відображення тривимірної фігури з використанням вбудованої в ігровий застосунок системи координат центровими темами під час спілкування між учасниками дослідження були «дзеркальне відображення» та «взаємодія». Студенти виявили зацікавленість в використанні застосунку для демонстрації концепції системи координат та дзеркального відображення [17].

Дослідження використання Minecraft при навчанні математиці учнів третього та четвертого років молодшої школи показали, що зацікавленість учнів у проведенні учбового процесу з використанням ігрового застосунку більша, ніж в проведенні традиційних уроків [18]. Задоволеність учнів своїми успіхами також була більша під час використання ігрового застосунку.

Вчителі, що приймали участь у дослідженні [18] здебільшого були зацікавлені в тому, щоб використовувати ігровий застосунок під час педагогічної практики, відмічаючи зацікавленість учнів у предметі та здатність до виконання математичних задач. Важливо відмітити, що значна частина викладачів до проведення дослідження не взаємодіяла з ігровим застосунком.

2.1 ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВОГО ЗАСТОСУНКУ MINECRAFT

Відео гра Minecraft розглядається як інструмент для вивчення дискретної математики завдяки своїй відкритій структурі та можливостям для власного творчого будівництва.

У Minecraft є кілька інструментів та ресурсів, які можна використовувати для вивчення дискретної математики. А саме:

1. Блоки: Кожен блок у Minecraft може використовуватися для моделювання математичних концепцій. Наприклад, можна використовувати блоки для створення графів, лабіринтів, геометричних фігур та інших об'єктів.

2. Будівництво: Гравці можуть будувати складні структури, які відповідають математичним об'єктам. Наприклад, вони можуть створити велику геометричну фігуру, яка відображає графік математичної функції.
3. Редстоун: Редстоун - це механізм, який дозволяє гравцям створювати складні логічні конструкції та механізми. Він може бути використаний для створення логічних вентилів, лічильників та інших пристроїв.
4. Логічні ворота: Minecraft має механізми, які можна використовувати для створення логічних схем. Наприклад, логічні ворота AND, OR, NOT, XOR можуть бути використані для моделювання логічних операцій.
5. Командний блок: Командні блоки дозволяють гравцям створювати автоматизовані дії та взаємодіяти з оточуючим світом за допомогою команд. Це може бути використано для створення ігрових завдань або сценаріїв, які стосуються дискретної математики.

Ці ресурси та інструменти можуть бути використані для створення різних навчальних сценаріїв та вправ, що допоможуть студентам краще зрозуміти та запам'ятати математичні концепції.

Гру можна використовувати для таких інтерактивних задач, як:

1. Створення лабіринтів: Студенти можуть створювати лабіринти в Minecraft та досліджувати питання, пов'язані з теорією графів, такі як пошук найкоротшого шляху між двома точками, або алгоритми пошуку шляху.
2. Моделювання комбінаторних завдань: Блоки Minecraft можна використати для відтворення комбінаторних завдань, таких як розташування об'єктів у визначеному порядку або обчислення кількості можливих комбінацій.
3. Вивчення логічних операцій: студенти можуть використовувати механізми Minecraft, такі як логічні ворота AND, OR, NOT, XOR для створення складних логічних схем або відтворення вже існуючих.
4. Розв'язування задач на кольори: Minecraft можна використати для створення і вирішення задач на розфарбування графів, де кожен блок може представляти вершину, а різні кольори - ребра, щоб вирішити завдання про хроматичне число графа.
5. Вивчення вершинних і реберних алгоритмів: Студенти можуть використовувати Minecraft для вивчення та відтворення алгоритмів пошуку в графах, таких як DFS (Depth-First Search) або BFS (Breadth-First Search).
6. Моделювання функцій і рівнянь: Блоки Minecraft можна використати для створення геометричних фігур та графіків функцій для візуалізації математичних концепцій.

7. Створення головоломок: Студенти можуть створювати головоломки в Minecraft, які базуються на математичних принципах, таких як логіка або розташування блоків у певному порядку.

За допомогою розглянутих ресурсів можна розробляти задачі різних рівнів складності для потреб навчального курсу з дискретної математики. Використання ігрового середовища може зробити навчання більш захоплюючим та зрозумілим для студентів.

2.2 НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ MINECRAFT

Хоча Minecraft надає інструменти для створення навчальних сценаріїв, реалізація їх під час навчального процесу потребує розуміння принципів роботи ігрових механік Minecraft.

Так для побудови схем з редстоуну необхідно розуміти принцип роботи складових механізмів з редстоуну: пилу, факела, повторювача, компаратора тощо.

Для створення логічних воріт необхідно створити правильну схему, що будуватиметься в тривимірному ігровому просторі та залежить від правильного розташування складових елементів.

Задання об'ємних формул за допомогою схем з редстоуну в певних задачах може значно збільшити кількість часу необхідного як для їх підготовки, так для їх вирішення.

Використання блоків пов'язане з проблемою масштабування. Оскільки ігрові об'єкти мають фіксований розмір, то створення діаграм та комплексних об'єктів за їх допомогою може викликати труднощі, пов'язані з особливістю сприйняття віртуального світу. Обмеженість поля зору гравця та особливості пересування його аватара в віртуальному світі збільшують вимоги до використання уяви під час вирішення задач внаслідок обмеженості візуального сприйняття вирішуваної задачі.

2.3 РОЗРОБКА СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ

Використання Minecraft пов'язане зі специфічними вимогами до здобувачів освіти, що певною мірою збільшує складність навчального процесу.

Зменшити вимоги до здобувачів, надаючи додатковий захопливий контекст можливо використовуючи гейміфікований навчальний застосунок в якості допоміжного засобу [7].

В роботі запропонована модель застосунку, що надає студентам зручний засіб для доступу до навчальних матеріалів та допоміжних наставницьких матеріалів для вирішення завдань. На рисунку 1 зображена блок-схема, що зображує базові можливості користувача при використанні застосунку як навчального посібника.

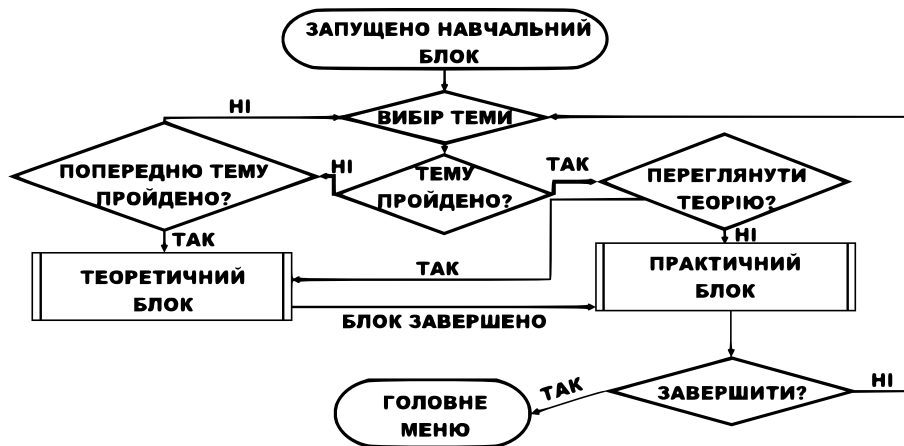


Рис. 1. Блок – схема навчального застосунку.

Також доцільно додати окремий ігровий блок, що реалізований у форматі відео-гри, способом вирішення певних ігрових задач якої є розв'язання задач з розглянутих розділів навчальної дисципліни. Задачі мають бути реалізовані безпосередньо як елемент ігрового процесу, маючи довготривалий вплив на ігровий процес та мають вимагати прикладання зусиль для свого рішення.

Важливо вести статистику того, які ігрові елементи привертають увагу користувачів, щоб краще дослідити їх вплив, згідно рекомендацій дослідження [19]. Дані щодо вирішення задач, перегляду навчальних матеріалів та ігрового процесу мають записуватись в базу даних для подальшого аналізу.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ MINECRAFT

Розглянемо більш детально сценарій використання Minecraft для вивчення дискретної математики, а саме, для створення графа та вирішення задачі на ньому.

Назва сценарію: "Моделювання та вирішення задачі на графі у Minecraft"

Мета: Навчити студентів основам теорії графів. Розвинути навички роботи з графами та їх алгоритмами. Заохотити студентів до використання та розвитку математичних навичок у відкритому ігровому середовищі.

Хід сценарію:

1. Введення концепції графів. Викладач пояснює основні поняття теорії графів, такі як вершини, ребра, напрямленість, ваги ребер тощо.
2. Створення графа у Minecraft. Студенти розташовують блоки у Minecraft таким чином, щоб вони утворювали граф. Вони можуть використовувати блоки для вершин та зв'язки між ними для ребер.

Викладач може також запропонувати додаткові вправи на введення ребер з різними характеристиками (наприклад, ваги ребер для використання алгоритмів пошуку шляхів).

3. Вирішення задачі на графі. Викладач пояснює задачу на графі, наприклад, пошук найкоротшого шляху між двома вершинами. Потім студенти застосовують алгоритми, такі як DFS або BFS, для знаходження цього шляху у створеному графі у Minecraft. Вони можуть виконати цю задачу на папері або за допомогою блоків Minecraft.
4. Обговорення та аналіз результатів. Після вирішення задачі студенти обговорюють та аналізують результати. Вони можуть порівняти свої результати з алгоритмами пошуку та обговорити їх ефективність та застосування.

На основі розглянутого сценарію та можливостей Minecraft ведеться розробка прикладних завдань.

3.2 ВПРОВАДЖЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ЗАСТОСУНКУ

Розглянемо модифікацію сценарію "Моделювання та вирішення задачі на графі" з використанням спеціалізованого додатку для вирішення аналогічної задачі.

Хід сценарію:

1. Введення концепції графів. Викладач пояснює основні поняття теорії графів, такі як вершини, ребра, напрямленість, ваги ребер тощо.
2. Створення графа у застосунку. Студенти розташовують ігрові об'єкти в ігровому середовищі, щоб вони утворювали граф. В нашому випадку вершинами виступають конвеєрні двигуни, а ребрами – конвеєрні стрічки (лінії). Викладач може також запропонувати додаткові вправи на введення ребер з різними характеристиками (наприклад, ваги ребер для використання алгоритмів пошуку шляхів).
3. Вирішення задачі на графі. Викладач пояснює задачу на графі, наприклад, пошук найкоротшого шляху між двома вершинами. В застосунку дається подібна задача: доставка багажу від одного конвеєра до іншого. Студенти застосовують вивчені алгоритми для знаходження цього шляху у створеному графі. Застосунок передбачає наявність інтерактивних підказок щодо алгоритму вирішення задачі.
4. Обговорення та аналіз результатів. Після вирішення задачі студенти обговорюють та аналізують результати. Вони можуть порівняти свої результати з алгоритмами пошуку та обговорити їх ефективність та застосування.

Вибір задач на графі для спеціалізованого застосунку обумовлений декількома причинами. По – перше, задачі на графах мають хороше графічне зображення, що допомагає краще розуміти умову задачі. По – друге, запропонований сценарій легко порівнюється з аналогічним сценарієм Minecraft, що дозволяє їх порівняти і виділити недоліки та переваги кожного підходу.

4. ВИСНОВКИ, ОБМЕЖЕННЯ ТА ПОДАЛЬШІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження використання цифрових засобів, інформаційних систем для контролю навчального процесу, застосування гейміфікації для покращення навчального процесу показують позитивний вплив цифрових засобів інформації та інформаційних систем на навчальний процес, засвоєння знань здобувачами та їх зацікавленість в учбовому процесі.

Навчання за допомогою навчальних систем з засобами гейміфікації та ігрових застосунків, що надають можливість до створення умов для вирішення учбових задач мають позитивний вплив на процес навчання, однак вимагають від учителів та учнів вміння ними користуватись.

Використання ігрових застосунків вимагає розуміння ігрових механік, що пов'язане зі збільшенням складності початку роботи з ними. Планується провести експеримент для оцінювання запропонованих методів.

Педагоги мають розробляти навчальний план з урахуванням особливостей використання ігрових застосунків, щоб навчальний процес був більш ефективним. Також важливо зазначити, що ігрові застосунки є допоміжним матеріалом для навчання, призначення якого – спрощення роботи викладача, а не його заміна. Тому важливо, щоб педагог підтримував достатній рівень взаємодії з учнями.

Планується покращення запропонованого застосунку зі збільшенням кількості задач для користувачів, збільшенням кількості охоплених розділів дискретної математики та покращенням користувацького досвіду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Карупу О.В., Олешко Т.А., Пахненко В.В., Пашко А.О. Застосування інформаційних технологій до математичної освіти IT-фахівців в англійськомовних академічних групах. *Науковий вісник Київського університету. Серія: фізико-математичні науки.* 2019. № 4. С. 70–75. <https://doi.org/10.17721/1812-5409.2019/4.8>.
2. Pashko A.O. and Pinchuk I.O. Intellectual Methods of Estimation of Intending Primary School Teachers' Foreign Language Communicative Competence. *2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), Kyiv, Ukraine.* PP. 439-444, doi: 10.1109/ATIT49449.2019.9030429.
3. Pashko A., Pinchuk I. Methods of Classifying Foreign Language Communicative Competence Using the Example of Intending Primary School Teachers. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. ISDMCI 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing.* Vol 1246. Springer, Cham. PP. 98-113. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3_7.
4. Karupu O., Oleshko T., Pakhnenko V., Pashko A. Application of Google Workspace in Mathematical Training of Future Specialists in the Field of Information Technology. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies.* Vol 181. PP. 939-949. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36118-0_80.
5. Pashko A., Pinchuk I. Developing the English Language Communicative Competence of Future Teachers by Means of Mobile Apps. *Artificial Intelligence, Medical Engineering and Education. Proceedings of the 7th International*

- Conference (AIMEE 2023)*. Guangzhou, China, 9–10 November 2023. V.48. pp. 746-755.
6. Ghawail E. A., Yahia S. B. Using the E-Learning Gamification Tool Kahoot! to Learn Chemistry Principles in the Classroom. *Procedia Computer Science*. Vol. 207, pp. 2667-2676. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.325>
 7. Benavides-Varela S., Zandonella C. C. et al. Effectiveness of digital-based interventions for children with mathematical learning difficulties: A meta-analysis. *Computers & Education*. Vol. 157, art. no. 103953. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103953>
 8. Mahyoob M. Challenges of e-Learning during the COVID-19 Pandemic Experienced by EFL Learners. *Arab World English Journal*. Vol. 11, pp. 351-362. <https://doi.org/10.31235/osf.io/258cd>
 9. Haleem A., Javaid M., Asim Qadri M., Suman R. Understanding the role of digital technologies in education: A review[J]. *Sustainable Operations and Computers*. Vol. 3, pp. 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
 10. Fathema N., Shannon D., Ross M. Expanding the Technology Acceptance Model (TAM) to Examine Faculty Use of Learning Management Systems (LMSs) In Higher Education Institutions. *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*. Vol. 11, pp. 210-232.
 11. Morewedge C. K., Yoon H., Scopelliti I. et al. Debiasing Decisions: Improved Decision Making with a Single Training Intervention. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*. Vol. 2, pp. 129–140. <https://doi.org/10.1177/2372732215600886>
 12. Granic I., Lobel A., Engels R. C. The benefits of playing video games. *American Psychologist*. Vol. 69, pp. 66-78. <https://doi.org/10.1037/a0034857>
 13. Cattoni A., Anderle F., Venuti P., Pasqualotto A. How to improve reading and writing skills in primary schools: A comparison between gamification and pen-and-paper training. *International Journal of Child-Computer Interaction*. Vol. 39, art. no. 100633. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2024.100633>
 14. Kuo-Wei Lee. Effectiveness of gamification and selection of appropriate teaching methods of creativity: Students' perspectives. *Heliyon*. Vol. 8, art. no. e20420. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20420>
 15. Ullah M., Ul Amin S., Munsif M., Safaev U., Khan H., Khan S., Ullah H. Serious Games in Science Education. *A Systematic Literature Review. Virtual Reality & Intelligent Hardware*. Vol. 4, pp. 189-209. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.02.001>
 16. Schell J. *The Art of Game Design: A book of lenses*. CRC Press, volume 1, pp. 118-123.
 17. Andersen R., Rustad M. Using Minecraft as an educational tool for supporting collaboration as a 21st century skill. *Computers and Education Open*. Vol. 3, art. no. 100094. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100094>
 18. Dezuan M., Macri J. *Minecraft: Education Edition for Educational Impact*. Queensland University of Technology's Digital Media Research Centre.
 19. Koivisto J., Hamari J. The rise of motivational information systems: A review of gamification research. *International Journal of Information Management*. Vol. 45, pp.191-210. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.013>.

Надійшла: 04.05.2024 / Прийнята: 14.06.2024