

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-58-20>

УДК 004.89

**Проніна Ольга Ігорівна**, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-7085-8027>

**Рейжевський Михайло Ігорович**, магістр

<https://orcid.org/0009-0006-8212-0111>

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро/Маріуполь, Україна

## ПРОГРАМУВАННЯ ІГРОВОГО ДОДАТКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

**Проніна О.І., Рейжевський М.І.** Програмування ігрового додатку з використанням штучного інтелекту. Стаття присвячена важливості розвитку відеоігор у сучасному суспільстві та ролі штучного інтелекту в цій сфері. Розглянуто внесок відеоігор у культуру, економіку та технологічний прогрес, а також їхній вплив на популяризацію національної спадщини. Описано застосування штучного інтелекту у створенні ігрових механік, генерації текстур, анімації та розвитку NPC (неігрових персонажів), що забезпечує більш реалістичний ігровий досвід. Висвітлено використання Reinforcement Learning і алгоритму Proximal Policy Optimization для навчання NPC, що оптимізує процес розробки та покращує поведінку персонажів. У статті наведено переваги впровадження штучного інтелекту у відеоігри, які роблять їх складнішими, динамічнішими та більш інтерактивними.

**Ключові слова:** відеоігри, штучний інтелект, ігрові механіки, NPC, reinforcement learning, proximal policy optimization

**Pronina O., Reizhevskiy M. Programming A Game Application Using Artificial Intelligence** The article is devoted to the importance of the development of video games in modern society and the role of artificial intelligence in this area. The contribution of video games to culture, economy and technological progress is considered, as well as their impact on the popularization of national heritage. The application of artificial intelligence in the creation of game mechanics, texture generation, animation and development of NPCs (non-player characters) is described, which provides a more realistic gaming experience. The use of Reinforcement Learning and the Proximal Policy Optimization algorithm for NPC training is highlighted, which optimizes the development process and improves the behavior of characters. The article presents the advantages of implementing artificial intelligence in video games, which make them more complex, dynamic and more interactive.

**Keywords:** video games, artificial intelligence, game mechanics, NPC, reinforcement learning, proximal policy optimization.

**Важливість розвитку відеоігор в суспільстві.** На сьогодні відеоігри стали невід'ємною частиною нашого життя, економіки, культури. Гарним прикладом є відома гра, S.T.A.L.K.E.R. 2: Heart of Chernobyl від українських розробників, яка містить в собі понад 400 українських пісень, та просуває їх у інші країни. Що розширює популярність та впізнаваність української культури. Відеоігри залучають сотні мільйонів гравців, генеруючи сотні мільйонів та мільярди доходів у рік. Тільки в США середньостатистичний гравець витрачає понад 450 доларів кожні 3 місяця, а сумарно відеоігрова індустрія принесла понад 57 мільярдів доходу за рік, що набагато більше ніж кіно, музика та інші індустрії [1].

Згідно з даними, понад 62% ігрових студій використовують штучний інтелект (ШІ) у своїй роботі, що свідчить про зростаючу популярність та важливість цієї технології в індустрії [2]. Штучний інтелект активно застосовується в різних аспектах розробки відеоігор таких як, прототипування та розробка концептів що дозволяє розробникам ефективніше тестувати та вдосконалювати ігрові механіки. Завдяки штучному інтелекту можна автоматизувати процеси генерації текстур, моделей та інших елементів, що значно прискорює розробку та знижує витрати часу. Анімація та озвучення: ШІ використовується для створення реалістичних анімацій та озвучення персонажів, що підвищує якість ігрового процесу. Наприклад, у грі «High on Life» технологія Midjourney AI була використана для генерації унікальних текстур, що додало сюрреалістичної атмосфери світу гри [3].

Штучний інтелект також активно застосовується для покращення поведінки не ігрових персонажів (NPC) а саме. Штучний інтелект дозволяє NPC адаптуватися до дій гравця, реагувати на зміни в ігровому середовищі та приймати складні рішення, що робить взаємодію з ними більш природною та цікавою. Завдяки штучному інтелекту NPC можуть вести більш складні та динамічні діалоги з гравцем, що збагачує сюжет та підвищує занурення в гру.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У роботі [4] описано роль ШІ у відеоіграх, зокрема його вплив на ігровий процес, NPC, адаптацію гри, процедурну генерацію та моделювання досвіду. Розглядаються машинне навчання й нейромережі, що персоналізують гру, аналізують гравців і покращують графіку та звук.

У тексті статті [5] розглядається історія та вплив технологій, зокрема ШІ, на розробку відеоігор. Згадується гра Tennis for Two (1950) як початок технологічних ігрових експериментів. ШІ революціонізував індустрію, додаючи інноваційні функції та покращуючи взаємодію гравців із персонажами й сюжетами. Аналізується роль сучасних технологій у геймдизайні, історія ШІ в іграх та його подальший розвиток.

У роботі [6] розглядається вплив ШІ на розвиток відеоігор, зокрема покращення візуальних аспектів, оптимізацію геймплею та створення реалістичних середовищ. Аналізується застосування машинного навчання для анімації, рельєфу та світлових ефектів за методологією PRISMA. Обговорюються переваги, виклики та етичні аспекти впровадження ШІ у відеоіграх.

У тексті роботи [7] розглядається роль штучного інтелекту в ігровій індустрії, зокрема його вплив на розробку, оптимізацію ігрового процесу та покращення користувацького досвіду. Описуються алгоритми ШІ, які застосовуються для вдосконалення різних аспектів ігор, таких як взаємодія гравців із ігровими елементами та загальна оптимізація контенту. У статті аналізуються поточні досягнення в цій сфері та прогнозується майбутній розвиток ШІ, включаючи його інтеграцію в етапи дизайну ігор та розробку. Окремо розглядаються можливості покращення апаратного забезпечення для підтримки більш складних моделей ШІ. Завершується текст обговоренням перспектив розвитку ігрової індустрії завдяки застосуванню ШІ, підкреслюючи потенційні досягнення та переваги для створення більш захоплюючих і персоналізованих ігрових середовищ.

У статті [8] розглядається застосування штучного інтелекту (ШІ) в розробці відеоігор, зокрема його роль у моделюванні поведінки неігрових персонажів (NPC) через алгоритми прийняття рішень. Також обговорюється використання ШІ для процедурної генерації контенту, такого як дизайн рівнів чи місії, що сприяє різноманітності ігрового процесу. Основна увага в статті приділяється застосуванню ШІ для покращення реалістичності фізики та руху в іграх, а також динамічній адаптації контенту. Вона надає всеосяжний огляд поточного стану використання ШІ в індустрії, підкреслюючи важливість цієї технології, а також прогнозує її подальший розвиток.

У [9] статті представлено огляд використання штучного інтелекту (ШІ) у розробці серйозних ігор. Описано європейський проект, який пропонує набір передових компонентів ШІ для ігор, що включають педагогічні можливості та можуть бути легко використані на різних ігрових платформах і в ігрових движках.

У статті [10] йдеться про дослідження, які аналізують застосування ШІ в дизайні та розробці ігор. Розглядаються типи машинного навчання (контрольоване, неконтрольоване, підкріплення) та методи глибокого навчання (CNN, RNN, GAN). Описано використання ШІ для процедурної генерації контенту, балансування гри, управління NPC, тестування та персоналізації. Наведено приклади AlphaGo, StarCraft II та OpenAI Five. Також обговорюються безпека, конфіденційність і етика у сфері ШІ в іграх.

Ця [11] стаття розглядає вплив автономних інтелектуальних інструментів на проектну роботу, зокрема на інноваційний дизайн. Такі інструменти здатні генерувати складні та оригінальні результати з мінімальним або нульовим втручанням користувача, що змінює традиційні підходи до проектування та впровадження інновацій. У статті пропонується концептуальна основа для аналізу впливу цих інструментів на процес проектування. Спочатку автори концептуалізація автономні інструменти як «раціональних» агентів, які можуть брати участь у проектуванні. Вони показують, що ці агенти можуть працювати за двома підходами: символічним і конекціоністський, які відрізняються підходами до обробки інформації. Далі застосовується теорія управління, щоб проаналізувати взаємозв'язки між автономними інструментами, людьми, які беруть участь у проектуванні, та середовищем, у якому ці інструменти функціонують. Такий підхід дозволяє вивчати автономні інструменти проектування як новий тип агентства в організаційному контексті. Як приклади цього підходу в статті наводиться розробка відеоігри Ubisoft Ghost Recon Wildlands, що використовувала такі інструменти для проектування. Завершення статті містить орієнтовну програму досліджень для подальшого вивчення автономних інструментів проектування, щоб краще зрозуміти їхні впливи та можливості в інноваційному процесі.

**Мета дослідження.** Виявлення ефективних характеристик комп'ютера, для проектування та розробки NPC з використанням штучного інтелекту під час розробки відеоігор.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.** Для розробки гри, був обраний один з самих популярних жанрів (ММО – massively multiplayer online

game), де користувачі дуже часто взаємодіють з не ігровими персонажами, якими наповнений ігровий світ. NPC являються однією з механік ігри яка дозволяє користувачам не відчувати себе самотньо, також NPC дають можливість користувачу отримувати завдання, корисну інформацію, спорядження чи будь що інше на думку розробника.

Основною локацією є невелике місто з будинками селян, кузнею та ринком. Користувач може торгувати з даними NPC (селянами), також отримати початкові завдання від Коваля для освоєння механік збору ресурсів та виготовлення речей.

Саме додавання NPC, дає можливість ввести механіки спілкування з ними, торгівлі, отримання завдань, як побічних так і головних, які будуть розкривати сюжет або починати нові невеличкі історії. На рисунку 1 зображено прототип головної локації.

В Unity розробники можуть використовувати ML-Agents Toolkit, що дозволяє інтегрувати машинне навчання (у тому числі RL) в ігрові проекти. ML-Agents надає інструменти для тренування NPC, що дозволяє їм взаємодіяти з ігровим середовищем і навчатися через взаємодію, використовуючи нейронні мережі [12].

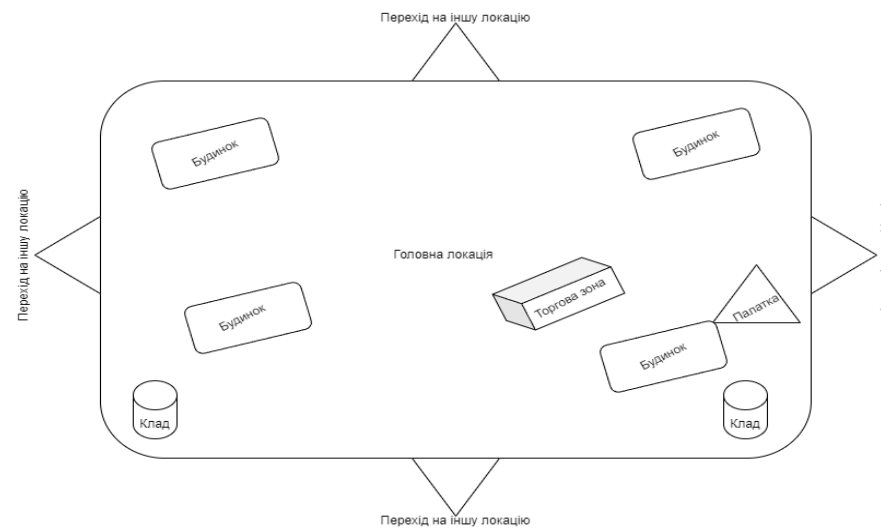


Рис. 1 – Прототип центральної локації

Поговоривши з не ігровим персонажем (Коваль), користувач, в діалозі з ним отримує побічне завдання по збору корисних копалин. Після збору їх і поверненню до коваля, користувач відає йому зібрані матеріали, за що отримує винагороду. Данна механіка спонукає користувача, розмовляти з NPC, отримувати завдання, проходити їх побічні історії щоб отримувати нагороди. Під час цього, гравець несвідомо захоплюється ігровим світом, його історією та тими хто у ньому проживає. Чим краще буде прописаний та зроблений ігровий світ тим більш ймовірно він затягне гравця. Бо на сьогодні ігри вже важко відрізнити від кіно чи книг, через неймовірно деталізовану красу та наповненість. Кожен не ігровий персонаж має свою історію, живе своїм життям, та відіграє, не завжди велику, але все таки значну частку в історії. І щоб зробити такого персонажа, на допомогу розробнику приходять штучний інтелект.

Розробляти та прописувати кожен крок і діалог для кожного NPC, було би дуже великою витратою часу та ресурсу. Але і відмовлятися від них не можна. Чим краще розроблений та навчений штучний інтелект, тим краще буде NPC, прикладом є нова технологія NPC від компанії Nvidia.

Під час розробки гри на рушії Unity мною було обрано систему Reinforcement Learning (RL) а саме його варіацію Proximal Policy Optimization (PPO) через її значні переваги. Вона має гарну Адаптивність, що дозволяє нейронні мережі надати NPC усі потрібні дані для швидкого адаптування до дій гравця, що створює більш живу і динамічну гру. Навчання на основі досвіду самого NPC що може покращити його поведінку через спроби та помилки, які робить його більш непередбачуваними та реалістичними, і схожим на гравця. Мінімізація програмування яка звільнить руки розробнику, і дасть можливість краще проробити інші більш важливі частини, замість того, щоб вручну прописувати поведінку кожного NPC. PPO є популярною технікою у RL, що дозволяє навчати агента (NPC) у більш стабільний і ефективний спосіб. Данна нейронна мережа оптимізує

політику агента, керуючи його діями в грі. В роботі використано PPO для навчання NPC, і як спосіб оптимізувати свій час та ресурси, щоб приділити їх іншим деталям.

Система PPO має декілька основних етапів-алгоритмів які вона використовує для навчання NPC, данні етапи та алгоритми, зображені у вигляді схеми на рисунку 2.

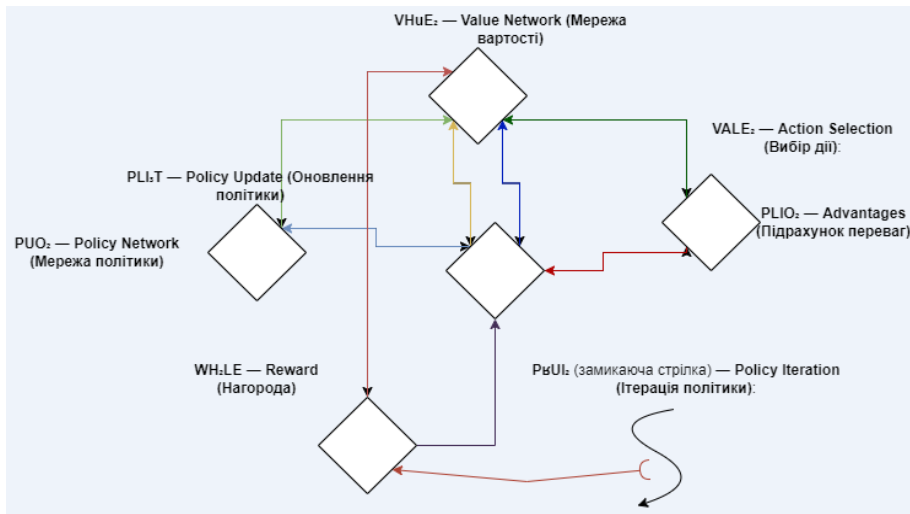


Рис. 2 – Схема роботи Proximal Policy Optimization

Дані алгоритми відповідають за окремі частини навчання NPC. Policy Network – відповідає за визначення ймовірність вибору певної дії в залежності від стану середовища у якому знаходиться NPC. Value Network – мережа вартості, дана мережа, відповідає за довгострокову оцінку цінності (reward) стану, допомагаючи визначити політику NPC. Action Selection – це мережа яка будує план подальших дій NPC, залежно від попередніх систем, враховуючи мережеву вартість, та становище NPC. Після виконання дії NPC отримує відгук – Reward (нагороду) від середовища що спонукає роботи його інші дії, для отримання нагород. Advantages – це перевага для кожної дії обчислюється на основі різниці між фактичною нагородою та очікуваною нагородою, що дає можливість обрати, які дія більш вигідна і швидше призведе до нагороди. Policy Update PPO – оновлення політики, використовує механізм званий *clipped objective*, щоб оновити дану схему. Це дозволяє уникнути великих змін в схемі, зберігаючи стабільність навчання та обмежуючи зміни в межах певного діапазону.

Поетапна розробка ШІ для NPC полягає з визначення сценаріїв взаємодії з гравцем та навколишнім ігровим світом і об'єктами які оточують його. На початковому етапі було визначено випадки, в яких NPC повинні реагувати на дії гравця. Наприклад, NPC можуть давати завдання, продавати предмети або допомагати у виконанні місій. Це дозволило створити базову модель їхньої поведінки. Після чого було використано систему PPO, яка отримала водні дані, а саме місце розташування, професію та як саме повинна поводити себе по відношенню до гравця. Далі було інтегровано самого NPC на відповідно йому локацію, рисунок 3, де система почала вивчати що її оточує та розробляти для себе відповідні сценарії, які у подальшому можна редагувати.



Рис. 3 – NPC на локації

Після інтеграції ІІІ було продемонстровано розумну взаємодію з NPC для торгівлі, також з можливістю адаптувати ціни на товари залежно від доступних ресурсів гравця. Також NPC проявив себе у відношенні до гравця, коли той виконує певну кількість його завдань, він подарував ресурс гравцю та надав знижку на товари.

Для тестування системи було проведено експерименти по визначенню мінімальних характеристик комп'ютера, необхідних для ефективної роботи зі штучним інтелектом під час розробки відеоігор. Оскільки для обробки дій NPC було застосовано алгоритми машинного навчання, зокрема нейронні мережі, які впливають на ресурсоемність гри. Експеримент проводився на кількох комп'ютерах із різними характеристиками, такими як процесор, оперативна пам'ять, відеокарта та SSD/жорсткий диск. Для кожної конфігурації був проведений моніторинг продуктивності гри за допомогою програмних інструментів, таких як MSI Afterburner, Task Manager та Unity Profiler.

Кожен тестовий запуск гри включав: аналіз завантаження центрального процесора (CPU); вимірювання використання оперативної пам'яті (RAM); моніторинг завантаження графічного процесора (GPU); оцінку часу відгуку штучного інтелекту в реальному часі (latency).

Таблиця 1 – Показники тестування

Параметри, що оцінюються	Найменування	Сцена з низьким навантаженням,	Сцена із середнім навантаженням	Сцена з високим навантаженням
		% – завантаження; ° – нагрів		
Завантаження CPU (%)	Intel Core i3 10-го покоління	60% 69°	86% 89°	95% 112°
	AMD Ryzen 5 3600	41% 54°	54% 62°	76% 85°
	Intel Core i7 12-го покоління	25% 45°	49% 53°	74% 71°
Завантаження GPU (%).	NVIDIA GeForce GTX 1050	78% 63°	89% 74°	99% 87°
	NVIDIA GeForce GTX 1660 Ti	68% 58°	79% 69°	89% 78°
	NVIDIA RTX 3060	21% 38°	46% 41°	72% 67°
Завантаження RAM (%).	8 Гб-Kingston	67%	89%	100%
	16 Гб -Kingston	56%	78%	95%
	32 Гб -Kingston	32%	69%	79%
Накопичувач	HDD	Плавно	Невеликі затримки	Значні затримки
	SSD	Плавно	Плавно	Невеликі затримки

Оцінку часу відгуку ІІІ в реальному часі (latency)	Мінімальна конфігурація	300 мс	700 мс	1000 мс
	Базова конфігурація	150 мс	300 мс	700 мс
	Оптимальна конфігурація	100 мс	150 мс	300 мс
Середній FPS (кадри в секунду)	Мінімальна конфігурація	30 FPS	20 FPS	10 FPS
	Базова конфігурація	60 FPS	45 FPS	30 FPS
	Оптимальна конфігурація	120 FPS	89 FPS	42FPS

Отримані результати після проведення експерименту свідчать, що мінімальна конфігурація надає можливість запуску гри з низькими графічними налаштуваннями, але із затримками у реакції NPC. Базова конфігурація підтримує стабільну працю гри з середніми налаштуваннями. NPC функціонують із мінімальними затримками. Оптимальна конфігурація надає максимальну продуктивність, висока швидкість обробки штучного інтелекту та плавний ігровий процес навіть за умов високого навантаження.

Відповідно з отриманими результатами, зроблено висновки що для швидкої роботи NPC зі штучним інтелектом та коректної роботи гри, система потребує значних ресурсів, або підвищення оптимізації ресурсів з якими працює система.

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** У статті проаналізовано важливість розвитку відеоігор у сучасному суспільстві та роль штучного інтелекту у вдосконаленні ігрового процесу. Визначено, що відеоігри є потужним інструментом для популяризації культури, стимулювання економічного зростання та сприяння технологічному прогресу.

Досліджено застосування штучного інтелекту для створення ігрових механік, генерації текстур, анімації та вдосконалення NPC. Особлива увага приділена використанню Reinforcement Learning (RL) та алгоритму Proximal Policy Optimization (PPO), які дозволяють значно підвищити якість поведінки персонажів та оптимізувати процес розробки. Було визначено мінімально необхідні параметри комп'ютера для забезпечення стабільної роботи гри без втрати продуктивності або якості ігрового процесу.

Перспективи подальших досліджень включають вдосконалення методів навчання NPC для створення ще більш реалістичної взаємодії з гравцем, а також розробку нових технологій для підвищення інтерактивності й занурення у віртуальний світ.

#### Список бібліографічного опису

1. Video Game Spending Statistics. – Режим доступу: <https://www.fool.com/money/research/video-game-spending-statistics/>
2. Over 50% of developers use AI, and multiplayer games generate 10% more revenue. - Режим доступу: [https://playua.net/ponad-50-rozrobnykiv-vykorystovuyut-shi-a-multipleyerni-igry-zaroblyayut-na-10-bilsh/?utm\\_source=chatgpt.com](https://playua.net/ponad-50-rozrobnykiv-vykorystovuyut-shi-a-multipleyerni-igry-zaroblyayut-na-10-bilsh/?utm_source=chatgpt.com)
3. Artificial intelligence is already enhancing the gaming experience. - Режим доступу: [https://ua.tribuna.com/uk/blogs/samsung/3123023-shtuchnyy-intelekt-vzhe-pokrashchuye-heymskyy-dosvid-vid-roz/?utm\\_source=chatgpt.com](https://ua.tribuna.com/uk/blogs/samsung/3123023-shtuchnyy-intelekt-vzhe-pokrashchuye-heymskyy-dosvid-vid-roz/?utm_source=chatgpt.com)
4. The Role of Artificial Intelligence in Video Game Development. - Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/375488989\\_The\\_Role\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_in\\_Video\\_Game\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/375488989_The_Role_of_Artificial_Intelligence_in_Video_Game_Development)
5. JAGLI, D., Nalla, S., Danikonda, S., & Nakirekanti, L. (2024). Artificial Intelligence Usage in Game Development. MDPI AG. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1983.v1>
6. Wu, Y., Yi, A., Ma, C., & Chen, L. (2023). Artificial intelligence for video game visualization, advancements, benefits and challenges. In *Mathematical Biosciences and Engineering* (Vol. 20, Issue 8, pp. 15345–15373). American Institute of Mathematical Sciences (AIMS). <https://doi.org/10.3934/mbe.2023686>
7. Tian, X. (2024). AI applications in video games and future expectations. In *Applied and Computational Engineering* (Vol. 54, Issue 1, pp. 161–170). EWA Publishing. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/54/20241484>
8. Pan, Z. (2023). The Application of Artificial Intelligence in Game. In *Highlights in Science, Engineering and Technology* (Vol. 76, pp. 462–466). Darcy & Roy Press Co. Ltd. <https://doi.org/10.54097/cyd0yy78>
9. Westera, W., Prada, R., Mascarenhas, S., Santos, P. A., Dias, J., Guimarães, M., Georgiadis, K., Nyamsuren, E., Bahreini, K., Yumak, Z., Christyowidiasmoro, C., Dascalu, M., Gutu-Robu, G., & Ruseti, S. (2019). Artificial

- intelligence moving serious gaming: Presenting reusable game AI components. In Education and Information Technologies (Vol. 25, Issue 1, pp. 351–380). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09968-2>
10. Yu, B. (2024). Research and Development of Artificial Intelligence in Electronic Games. In Transactions on Computer Science and Intelligent Systems Research (Vol. 7, pp. 279–284). Warwick Evans Publishing. <https://doi.org/10.62051/h1y2qe04>
11. Seidel, S., Berente, N., Lindberg, A., Lyytinen, K., Martinez, B., & Nickerson, J. V. (2020). Artificial Intelligence and Video Game Creation: A Framework for the New Logic of Autonomous Design. In Journal of Digital Social Research (Vol. 2, Issue 3, pp. 126–157). DIGSUM (Centre for Digital Social Research). <https://doi.org/10.33621/jdsr.v2i3.46>
12. ML-Agents Overview. - Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ml-agents@3.0/manual/index.html>

#### References

1. Video Game Spending Statistics. – Режим доступу: <https://www.fool.com/money/research/video-game-spending-statistics/>
2. Over 50% of developers use AI, and multiplayer games generate 10% more revenue. - Режим доступу: [https://playua.net/ponad-50-rozrobnykiv-vykorystovuyut-shi-a-mulypleverni-igry-zaroblyayut-na-10-bilshe/?utm\\_source=chatgpt.com](https://playua.net/ponad-50-rozrobnykiv-vykorystovuyut-shi-a-mulypleverni-igry-zaroblyayut-na-10-bilshe/?utm_source=chatgpt.com)
3. Artificial intelligence is already enhancing the gaming experience. - Режим доступу: [https://ua.tribuna.com/uk/blogs/samsung/3123023-shtuchnyy-intelekt-vzhe-pokrashchuye-heymskyy-dosvid-vid-roz/?utm\\_source=chatgpt.com](https://ua.tribuna.com/uk/blogs/samsung/3123023-shtuchnyy-intelekt-vzhe-pokrashchuye-heymskyy-dosvid-vid-roz/?utm_source=chatgpt.com)
4. The Role of Artificial Intelligence in Video Game Development. - Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/375488989\\_The\\_Role\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_in\\_Video\\_Game\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/375488989_The_Role_of_Artificial_Intelligence_in_Video_Game_Development)
5. JAGLI, D., Nalla, S., Danikonda, S., & Nakirekanti, L. (2024). Artificial Intelligence Usage in Game Development. MDPI AG. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1983.v1>
6. Wu, Y., Yi, A., Ma, C., & Chen, L. (2023). Artificial intelligence for video game visualization, advancements, benefits and challenges. In Mathematical Biosciences and Engineering (Vol. 20, Issue 8, pp. 15345–15373). American Institute of Mathematical Sciences (AIMS). <https://doi.org/10.3934/mbe.2023686>
7. Tian, X. (2024). AI applications in video games and future expectations. In Applied and Computational Engineering (Vol. 54, Issue 1, pp. 161–170). EWA Publishing. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/54/20241484>
8. Pan, Z. (2023). The Application of Artificial Intelligence in Game. In Highlights in Science, Engineering and Technology (Vol. 76, pp. 462–466). Darcy & Roy Press Co. Ltd. <https://doi.org/10.54097/cyd0yy78>
9. Westera, W., Prada, R., Mascarenhas, S., Santos, P. A., Dias, J., Guimarães, M., Georgiadis, K., Nyamsuren, E., Bahreini, K., Yumak, Z., Christyowidiasmoro, C., Dascalu, M., Gutu-Robu, G., & Ruseti, S. (2019). Artificial intelligence moving serious gaming: Presenting reusable game AI components. In Education and Information Technologies (Vol. 25, Issue 1, pp. 351–380). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09968-2>
10. Yu, B. (2024). Research and Development of Artificial Intelligence in Electronic Games. In Transactions on Computer Science and Intelligent Systems Research (Vol. 7, pp. 279–284). Warwick Evans Publishing. <https://doi.org/10.62051/h1y2qe04>
11. Seidel, S., Berente, N., Lindberg, A., Lyytinen, K., Martinez, B., & Nickerson, J. V. (2020). Artificial Intelligence and Video Game Creation: A Framework for the New Logic of Autonomous Design. In Journal of Digital Social Research (Vol. 2, Issue 3, pp. 126–157). DIGSUM (Centre for Digital Social Research). <https://doi.org/10.33621/jdsr.v2i3.46>
12. ML-Agents Overview. - Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ml-agents@3.0/manual/index.html>