

## Аналіз використання алгоритмів штучного інтелекту в іграх

(Представлено: Граф М.С., PhD)

Останнім часом багато уваги приділяється застосуванню штучного інтелекту в галузі ігор. Огляд останніх досягнень є важливим компонентом для визначення подальших векторів досліджень у цій області. Основна частина статті пропонує огляд літературних джерел, де наведено детальний аналіз використання штучного інтелекту в іграх, враховуючи методи навчання з вчителем, навчання з підкріпленням та інші. Також розглядаються питання моделювання в іграх та впливу штучного інтелекту на суспільство.

Стаття виокремлює роль ігор не тільки як розважального заходу, але й у військовій, корпоративній та рекламній сферах. Також досліджуються можливості застосування штучного інтелекту для покращення процесу навчання та його вплив на етику освітніх додатків. Стаття розглядає широкий спектр застосувань штучного інтелекту в іграх, враховуючи аналіз команд спортивних ігор та оптимізацію гри з трьома гравцями. Досліджуються можливості попередження порушень правил гравцями та вдосконалення ігрового наповнення.

У підсумку стаття демонструє різноманітність і перспективність застосування штучного інтелекту в галузі ігор та робить цінний внесок у розвиток цієї сфери.

**Ключові слова:** штучний інтелект; алгоритми штучного інтелекту; застосування штучного інтелекту в ігровій індустрії.

**Актуальність теми.** Останнім часом багато уваги приділяється штучному інтелекту, його застосуванню у різних розділах науки та на практиці – у технічних та соціальних сферах. Головне завдання цієї статті – оглянути останні напрацювання в сфері застосування штучного інтелекту у іграх та окреслити подальші вектори досліджень.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спирається автор.** Охоплення літературних джерел та їх розподіл за часом показано на рисунку 1.

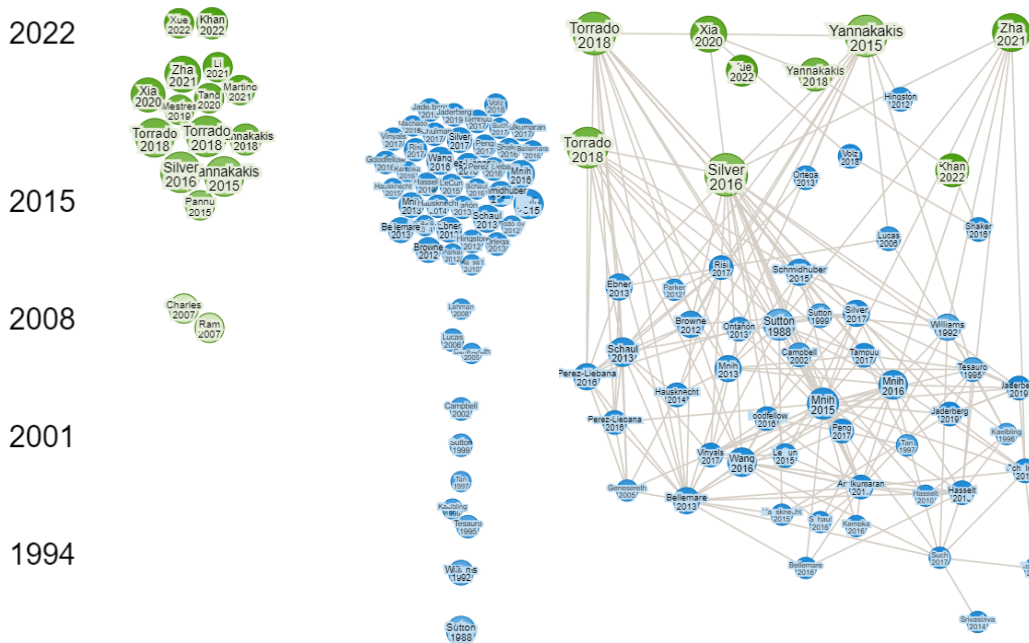


Рис. 1. Модель професійного судження як продукту інтелектуальної діяльності (зліва – розподіл джерел за часом публікацій; зеленим (переважно зверху) позначено джерела, що увійшли в огляд; світло-синім (переважно знизу) – рекомендовані джерела, що є вторинними джерелам; справа – взаємні посилання літературних джерел; зеленим (більшість зверху) позначено джерела, що увійшли в огляд, світло-синім (переважно знизу) – рекомендовані джерела, що є вторинними джерелами)

**Метою статті** є дослідження літературних джерел та аналіз можливих напрямів використання алгоритмів штучного інтелекту в ігровій індустрії.

**Викладення основного матеріалу.** Одна з ґрунтовних робіт, що описує використання штучного інтелекту (ШІ) в іграх, є робота [1]. В ній розглядаються методи ШІ, такі як навчання з вчителем, навчання з підкріпленням, навчання без вчителя, еволюційні алгоритми, пошук по дереву та інші. Одна з причин, за що вона отримала визнання у сфері розробки ігор, – розглянуто головні задачі, що розв'язує ШІ в іграх, методологію застосування, а також описано поділ ігор на класи. Також розглядаються питання визначень згенерованого контексту, і що саме може бути згенеровано, а також пропонуються методи перевірки якості. Наступним питанням, що розглядається, є моделювання в іграх, методи, що може бути змодельовано, і як здійснюється їх перевірка.

В [1] також вперше зустрічається поняття «панорами» при використанні ШІ. Основними концепціями цієї панорами є перспектива, з якої ми розглядаємо участь ШІ в грі. Наприкінці наводяться відкриті питання щодо подальшого розвитку та перспектив у цій сфері.

У більш стислій формі у роботі [2] наводиться візуалізація основних напрямів застосувань алгоритмів ШІ в іграх та часова шкала розвитку цього напрямку. Важливе поняття, що вперше зустрічається в розглянутій літературі, – це GGAI (General Game Artificial Intelligence – узагальнений ігровий штучний інтелект), задача узагальненого алгоритму. Стаття розглядає найпоширеніші види алгоритмів, надає історичну довідку та показує ефективність спеціалізованих алгоритмів відносно узагальнених.

Цікавий погляд наводить автор статті [3]. Він порушує питання важливості ігор не тільки у сфері розваг, а також у військовому секторі, корпоративному секторі та використанні в рекламі.

Також треба зауважити про можливість застосування ігрового підходу в навчанні, а також про можливий вплив на соціум. Так, наприклад, автори [4] розглядають питання етичності використання мобільних додатків на основі алгоритмів ШІ для задач освіти. Стаття розглядає можливі переваги та ризики за методом PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – Бажані елементи звітності для систематичних оглядів і метааналізів) та пропонують чотири основні етичні принципи, що мають бути виконані для запобігання можливих негативних наслідків від застосування вказаних алгоритмів у навчанні.

Виходячи з обраного зрізу областей інтересів вивчення ШІ в іграх, запропонованого в [5–6], хотілося б зауважити наявність статей зі спорідненої сфери – спортивних ігор та змагань, такі як [7]. В цій роботі розглянуто алгоритми ШІ для аналізу баскетбольних команд, враховуючи інформацію про тренування, результативність гравців, метою чого є поліпшення систем тренування. Автори зазначають обмеження алгоритмів та визначають напрямки вдосконалення.

Також не можна оминати напрям азартних ігор, що входять до зони потенційних інтересів застосування ШІ. У [8] розглянуто математично не вирішене питання гри з трьома гравцями, на прикладі Dou Dizhu (Дуо Діжу). Це приклад гри у невизначеному середовищі, і це є майданчиком для удосконалення алгоритмів, які аналізуються і пропонуються у цій статті. Наводяться результати оптимізації алгоритму під GPU (Graphics Processing Units – графічний процесор). Автори наполягають, що поставлена ними задача є прикладом складної, кооперативної задачі у невизначеному середовищі з високим індексом розгалуженості на кожному етапі, та стандартні методи навчання з підкріпленням не є ефективними, тому вони запропонували вдосконалення традиційного методу Монте-Карло з глибоким навчанням та застосуванням паралельних обчислень для імітації гравців та рефері.

Ще одним актуальним та невизначеним напрямом є застосування ШІ в іграх для зменшення фактів порушення гравцями правил, головним з яких є те, що він є людина. Так, наприклад, стаття [9] розглядає факти залучення до гри з боку гравців інструментарію для покращення результативності власної гри у вигляді різних плагінів, деякі з негативних можуть застосовувати й ШІ. Розглядаються основні алгоритми ШІ, та надається детальний огляд застосувань, таких як визначення симуляції клавіатури та мишки, модифікація ігрових даних, а також аналізуються можливі методи попередження цього. Стаття залишає відкриті питання, але затверджує необхідність вивчення цього напрямку більш детально.

Ціла група статей [10–11], де розглядаються алгоритми для розв'язання конкретних задач для покращення ігрового наповнення, починаючи від вдосконалення звукових ефектів, і до створення дизайну ігрових рівнів. Так, наприклад, [11] презентує Screen Dreamer (Скрін Дріммер), це – безумовна генеративна модель для побудови неприв'язаних 3D-сцен, що утворюють ландшафти великих розмірів з використанням шуму у вигляді вхідних даних. Це звичайні алгоритми з попереднім тренуванням. Базова модель, що застосовується, – GAN (генеративна змагальна мережа), але основні задачі, що розв'язувалися в цій роботі, – адаптація для 3D-результатів, для чого застосовувалися NeRF (нейронні радіальні мережі). Ця стаття дає гарне уявлення про можливості поєднання різнорідних алгоритмів та моделей ШІ для розв'язання складної задачі у сфері ігор.

Дуже ґрунтовна робота, щодо однієї з ігрових задач, – гра Го [12]. Аналізується алгоритм Монте-Карло та його оптимізація під конкретну задачу.

У статті [13] за 2015 рік проводиться бібліографічне дослідження щодо вибірки найцитованіших підходів ШІ, таких як нейронні мережі, нечітка логіка, гібридний ШІ, еволюційний підхід та основні напрямки щодо застосування і розвитку, а також зачіпаються питання неігрових персонажів у іграх.

Більш загальні питання щодо ШІ порушує стаття [14]. В цій статті коротко розглядаються основні етапи розвитку алгоритмів ШІ та ключові досягнення, починаючи з 1943 по 2015 рік, і приділяється увага напрямку ігор. Автор пропонує до розгляду такі теми, як цінова ефективність, кіберзагрози, втрата роботи та контроль ШІ над людиною.

Питання застосування ШІ в адаптивних іграх розглянуті в статті [3]. Автор наполягає, що застосування та розвиток алгоритмів ШІ в іграх здебільшого призводить до позитивного впливу і на інші сфери, тому що напрацювання можуть бути використані за межами інтересів ігрової індустрії. Основні компоненти, що розглядаються, це підвищення задоволеності гравця та зменшення витрат на розробку ігор. Виклики, що розглянуті в статті, здебільшого залишаються актуальними й сьогодні, наприклад, великі затрати часу розробників щодо унікальних ігрових ситуацій, накопичення «знань», створення складного ігрового простору, розробки ігрових стратегій, а також критеріїв задоволення гравців. Розглядається застосування мови ABL (A Behaviour Language – поведінкова мова) та схеми адаптації алгоритмів ШІ для покращення скриптів цією мовою для розв'язання задач адаптації персонажів до нових обставин. Цікавими є спрощені моделі врахування емоційного стану гравця на базі відстеження його шляху та положення щодо ігрового всесвіту та сценарію.

У статті [15] наводиться огляд перспективних технологій та їх динаміка розвитку, починаючи з 1970 року. Цікавим є аналіз важливості застосування ШІ у наукових дослідженнях починаючи з 1970, розчарування у 1980-х пов'язане з невідповідністю вимог алгоритмів до наявних на той час можливостей апаратного забезпечення, і завершення бумом, починаючи з 2010, що пов'язаний з наявністю необхідних компонентів: апаратного забезпечення, оптимізованої алгоритмічної бази та великого набору даних.

Не обходиться питання Індустріальної революції 4.0, де вплив ШІ – безперечний. Стаття розкриває стратегію ШІ з погляду Європейської країни: підняття вагомості ШІ та популяризація, відкрите обговорення етичних питань, пов'язаних з цим. Важливість цієї статті є у сформованих відкритих питаннях щодо вирішення: обґрунтованість ШІ; якість даних; складність оновлення знань; складність інтерації з реальним всесвітом.

Стаття [16] виходить за межі комп'ютерних ігор та розглядає застосування алгоритмів ШІ у фізичних іграх, таких як баскетбол. Базуючись на статистичних даних, метою застосування ШІ є поліпшення точності прогнозів. Розглядаються декілька методів зі статистики, а також і ряд специфічних адаптацій алгоритмів ШІ. Ці методи порівнюються з методами ШІ і їх впливом на структуру прийняття рішень. Застосування методів ШІ, навчання з підкріпленням надало можливість знизити комплексність задачі та покращити прогнозні очікування.

У [17] розглядається більшість найуживаніших алгоритмів та підходи щодо їх застосування. Особливістю цієї книги є структурованість та практичне застосування алгоритмів до тієї чи іншої сфери. Додатково також розглядається інструментарій та фреймворки для різних практичних задач, починаючи від статистичного прогнозування, безпеки та до застосування в іграх. Вже застаріле видання [18], але все ж таки корисне тим, що структуровано розглядає зони застосування ШІ виключно в іграх. У цьому джерелі вперше розглядаються генетичні та еволюційні алгоритми у розрізі ігор.

Ще одна з розглянутих статей [19] надає широкий огляд конкретних алгоритмів та оптимальних з погляду авторів аплікацій для них. Цікавим є порівняння обраних алгоритмів під час застосування у різних ігрових середовищах, також аналізуються причини наявних переваг того чи іншого алгоритму у конкретних умовах.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Згідно з проаналізованими джерелами можемо зробити такі висновки:

- ігри можемо розглядати як основне середовище для випробування нових ідей у штучному інтелекті;
- широке розповсюдження та довга історія використання нейромереж дозволяє як одночасно поповнювати базу знань, так і розвивати нові напрями;
- розвиток гейміндустрії дозволяє застосовувати різні моделі та підходи у побудові.

#### References:

1. Yannakakis, Georgios N. and Togelius, Julian (2018), «Artificial Intelligence and Games», *Springer International Publishing*, Imprint, Springer, Cham, 1st ed.
2. Boming, Xia, Xiaozhen, Ye and Adnan, O.M Abuassba (2020), «Recent Research on AI in Games», *International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)*, Limassol, Cyprus, June 2020, IEEE, pp. 505–510.
3. Ashwin, Ram, Santiago, Ontan and Manish, Mehta (2007), «Artificial Intelligence for Adaptive Computer Games», *FLAIRS*, AAAI Press.

4. Klimova, Blanka, Pikhart, Marcel and Kacetyl, Jaroslav (2023), «Ethical issues of the use of AI-driven mobile apps for education», *Frontiers in Public Health*, January.
5. Yannakakis, Georgios N. and Togelius, Julian (2015), «A Panorama of Artificial and Computational Intelligence in Games», *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, Vol. 7 (4), pp. 317–335, December.
6. Cundong, Tang, Zhiping, Wang, Xiuxiu, Sima, and Lingxiao, Zhang (2020), «Research on Artificial Intelligence Algorithm and Its Application in Games», *2nd International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacture (AIAM)*, Manchester, United Kingdom, October. IEEE, pp. 386–389.
7. Bin, Li and Xinyang, Xu (2021), «Application of Artificial Intelligence in Basket-ball Sport», *Journal of Education, Health and Sport*, Vol. 11 (7), July, pp. 54–67.
8. Daochen, Zha, Jingru, Xie, Wenye, Ma, Sheng, Zhang, Xiangru, Lian, Xia, Hu, and Ji, Liu (2021), «DouZero: Mastering DouDizhu with Self-Play Deep Reinforcement Learning», June.
9. Cheng, Fang (2022), «Applications of AI in game plug-ins detection», *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, No. 2 (1), November, pp. 120–122.
10. Ibrahim, Khan, Thai, Van Nguyen, Xincheng, Dai and Ruck, Thawonmas (2022), «DareFightingICE Competition: A Fighting Game Sound Design and AI Competition».
11. Zhaoxi, Chen, Guangcong, Wang and Ziwei, Liu (2023), «SceneDreamer: Un- bounded 3D Scene Generation from 2D Image Collections».
12. Silver, David, Huang, Aja and Maddison, Chris J. et al. (2016), «Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search», *Nature*, Vol. 529 (7587), pp. 484–489.
13. Avneet, Pannu (2015), «Artificial Intelligence and its Application in Different Areas», *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, Vol. 4 (10).
14. Tank, Sanjana (2023), «Artificial Intelligence in game and its application».
15. Hartmut, Hirsch-Kreinsen (2023), «Artificial intelligence: a “promising technology”», *AI & SOCIETY*, January.
16. Lian, Xue (2022), «Application of Artificial Intelligence in Digital Games Based on Mathematical Statistics», *Mobile Information Systems*, May, pp. 1–11.
17. Darryl, Charles (ed.) (2008), «Biologically inspired artificial intelligence for computer games», *Medical Information Science Reference*, Hershey, PA.
18. Tsichrintzes, Georgios, Birbu, Maria and Jain, L.C. (ed.) (2022), «Advances in machine learning/deep learning-based technologies», *Springer*, Vol. 2, in Selected papers in honour of professor Nikolaos G. Bourbakis., Cham.
19. Torrado, Ruben Rodriguez, Bontrager, Philip, Togelius, Julian, Liu, Jialin and Perez-Liebana, Diego (2018), *Deep Reinforcement Learning for General Video Game AI*.

**Голубенко** Василь Анатолійович – аспірант Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

– штучний інтелект у вбудованих системах.

**Holubenko V.A.**

#### **Analysis of the use of artificial intelligence algorithms in games**

Recently, a lot of attention has been paid to the application of artificial intelligence in the field of games. A review of recent achievements is an important component for determining further vectors of research in this area. The main part of the article offers a review of literary sources, which provides a detailed analysis of the use of artificial intelligence in games, including methods of learning with a teacher, learning with reinforcement and others. Issues of modeling in games and the impact of artificial intelligence on society are also considered.

The article highlights the role of games not only as an entertainment event, but also in the military, corporate and advertising spheres. The possibilities of using artificial intelligence to improve the learning process and its impact on the ethics of educational applications are also explored. The paper examines a wide range of applications of artificial intelligence in games, including team analysis of sports games and optimization of a three-player game. Possibilities of preventing violations of the rules by players and improving game content are being investigated.

In conclusion, the article demonstrates the diversity and perspective of the application of artificial intelligence in the field of games and provides a valuable contribution to the development of this field.

**Keywords:** artificial intelligence; artificial intelligence algorithms; application of artificial intelligence in the game industry.

Стаття надійшла до редакції 28.08.2023.