

УДК № 004.4:004.8

Кривенко О. В., Шевчук Е. О.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ІГРОВОЇ ЛОГІКИ НА БАЗІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

На сьогоднішній день для того, щоб ігровий продукт був конкурентоспроможним і успішним на ринку відеоігор, необхідно в нових продуктах мати не тільки гарну графічну складову, а й запропонувати щось нове та інноваційне, що зробить продукт кращим за інші.

Дослідники сходяться щодо кола проблем, які слід вирішити для подальшого розвитку технології. Це проблеми перенавчання мережі, обмеженості даних для навчання, високі вимоги до ресурсів комп'ютера.

Актуальність роботи пояснюється недостатнім ступенем дослідження і дефіцитом емпіричного матеріалу, що перешкоджає подальшим розробкам, пов'язаним з питаннями використання методів штучного навчання для реалізації ігрових механік, а саме, використання штучних нейронних мереж для побудови ігрової логіки.

Метою роботи є підсилення ігрової логіки засобами нейронної мережі, що дозволить йому розважно відповідати на дії суперників і матиме суттєвий вплив на якість ігрового процесу.

Для здійснення поставленої мети вирішений ряд задач: проведений порівняльний аналіз сучасних методів та алгоритмів машинного навчання, які застосовуються при побудові ігрового процесу, визначені підходи до організації навчання нейронних мереж з базовими топологіями; обґрунтовані та розроблені формальні моделі ігрового агента, засновані на методах машинного навчання; розроблена програмна система з реалізацією ігрової логіки на базі нейронної мережі; виконано тестування розробленої програмної системи з візуалізацією процесу навчання та оцінювання достовірності отриманих результатів.

В результаті дослідження були розроблені нейронні мережі з різними конфігураціями, топологіями та методами навчання, проаналізовані й порівняні отримані моделі за параметрами точності й часу навчання.

Рекомендації проведеного комплексного аналізу різних топологій та принципів машинного навчання можуть бути використані при розробці відеоігор, побудованих на базі нейронної мережі, а також в рамках інших наукових досліджень.

Ключові слова: *методи машинного навчання, машинний інтелект, нейронні мережі, ігрова логіка, формалізована модель, ігровий агент, програмна система*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день машинне навчання (МН) стало одним з основних елементів інформаційних технологій. Поступове поліпшення підходів МН дозволило досягнути нового якісного рівня у підходах штучного інтелекту [1].

Для того, щоб ігровий продукт був конкурентоспроможним і успішним на ринку відеоігор, необхідно в нових продуктах мати не тільки гарну графічну складову, а й запропонувати щось нове та інноваційне, що зробить продукт кращим за інші [2].

Актуальність роботи пояснюється недостатнім ступенем дослідження і дефіцитом емпіричного матеріалу, що перешкоджає подальшим розробкам, пов'язаним з питаннями використання методів штучного навчання для реалізації ігрових механік, а саме, використання штучних нейронних мереж для побудови ігрової логіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під ігровим штучним інтелектом зазвичай зрозуміють сукупність програмних методів, що моделюють поведінку та мислення людини

або тварини в ігровому світі. Істоту, що втілює штучний інтелект, називають агентом або комп'ютерним гравцем. Такий інтелект вирішує безліч задач, серед яких найбільш поширені переміщення та орієнтація гравця в просторі, прийняття рішень, навчання й пізнання світу [3].

Звісно, що серед методів МН при побудові ігрової логіки використовують нейронні мережі. Серед їх переваг слід назвати паралельну обробку масової інформації, можливість рішення задачі при відсутності певного алгоритму, здатність до навчання та узагальнення отриманих знань.

Нейронна мережа чи штучна нейронна мережа – це системи сполучених і взаємодіючих між собою штучних нейронів. Кожен нейрон мережі має справу з вхідними сигналами, які він періодично отримує, і сигналами, які він періодично посилає іншим нейронам. І, тим не менше, будучи з'єднаними в досить велику мережу з керованою взаємодією, ці процесори можуть виконувати досить складні математичні завдання.

Штучний нейрон представляє собою обчислювальну одиницю, яка отримує інформацію, виробляє над нею прості обчислення і передає її далі [4]. За розміщенням у мережі нейрони можна розділити на три основних типи: вхідні, приховані і вихідні.

Нейронна мережа не являє собою якогось певного алгоритму, а скоріше є основою для багатьох різних алгоритмів МН для спільної роботи і обробки даних. Як правило, відповідні системи навчаються виконувати завдання без програмування правил під конкретні завдання.

Обчислення структуруються в термінах взаємозв'язаних груп штучних нейронів, які обробляють інформацію із застосуванням конективістського підходу до обчислень [6]. Сучасні нейронні мережі є нелінійними статистичними інструментами моделювання даних. Їх зазвичай застосовують для моделювання складних взаємозв'язків між входами та виходами, для пошуку закономірностей в даних, або для виявлення статистичної структури в невідомому спільному розподілі ймовірності спостережуваних величин.

Нейронні мережі знайшли використання не тільки в настільних іграх. На нейронних мережах для навчання ігрових агентів засновані наступні ігрові додатки [7, 8]: Civilization (1991–2016), Creatures (1996), Thief (1998), Half-Life (1998), Black and White (2000), The Sims, Forza Motorsport (2005), Dwarf Fortress (2006), Left 4 Dead (2008), Red Dead Redemption (2010), Silent Hill: Shattered Memories (2010), Heavy Rain (2010), Supreme Commander 2 (2010), серія ігор Halo (2011–2017), The Last of Us (2013), Alien: Isolation (2014), No Man's Sky (2016).

Слід зауважити, що використання навчання в комп'ютерних іграх обґрунтовано необхідністю. Іноді звичайні алгоритми не дозволяють знайти рішення задачі за адекватний час. Наприклад, гра го має приблизно 10^{170} станів, проаналізувати які лише засобами «грубої сили» з використанням традиційних підходів було неможливо [9]. Сьогодні те саме можна сказати і про гру Startcraft: її штучний інтелект прирівнюють к грі на аматорському рівні. Автори [9] зазначають, що гра має не менш, ніж $10^{1,685}$ можливих станів. Зрозуміло, що для реалізації такого інтелекту потрібні зовсім нові підходи до проблеми та багато досліджень.

Не всі дослідники оптимістично налаштовані щодо майбутнього нейронних мереж, визначаючи важливість традиційних підходів до реалізації штучного інтелекту, нездатність нейронних мереж перевершити їх у багатьох задачах [10]. Автори цих досліджень рекомендують не ускладнювати програми без необхідності й зосередитися на простих й гарно відомих методах, наприклад, Монте-Карло [11] або навчання з підкріпленням [12]. Звісно, що використання гібридного підходу до реалізації штучного інтелекту може виявитись досить ефективним. Наприклад, при реалізації гри AlphaGo в випадках, коли дії ігрового агента піддаються алгоритмізації, а ігровий процес можна автоматизувати, слід використовувати алгоритми, засновані на оцінці корисності [13, 14]. Коли ж обсяг даних

настільки великий, що передбачити всі можливі сюжетні повороти неможливо, треба застосовувати глибинне МН.

Завдання дослідження. Метою роботи є підсилення ігрової логіки засобами нейронної мережі, що дозволить йому розважно відповідати на дії суперників і матиме суттєвий вплив на якість ігрового процесу.

Для здійснення поставленої мети вирішувались ряд задач:

- проведення порівняльного аналізу сучасних методів та алгоритмів машинного навчання, які застосовуються при побудові ігрового процесу, визначення підходів до організації навчання нейронних мереж з базовими топологіями;
- обґрунтування та розробка формальної моделі ігрового агента, заснованої на методах машинного навчання;
- розробка програмної системи з реалізацією ігрової логіки на базі нейронної мережі;
- тестування розробленої програмної системи з візуалізацією процесу навчання та оцінювання достовірності отриманих результатів.

Основний матеріал дослідження.

Методи машинного навчання теоретично можуть вирішувати великий обсяг завдань забезпечення ігрового процесу. Теоретично сумісне використання методів машинного навчання дозволить отримати ігровий процес, який зможе підлаштовуватися під гравця і адаптуватися під різні ігрові ситуації. В свою чергу, це зробить процес гри більш цікавим, а також буде спонукати гравця знаходити нові стратегії і методи гри.

Незважаючи на значну кількість теоретичних та практичних досліджень нейронних мереж, можливості їх подальшого використання (зокрема, в комп'ютерних іграх) не вивчені остаточно, і можна припустити, що нейронні мережі ще протягом багатьох років будуть засобом активного розвитку інформаційних технологій.

Нейронні мережі, залежно від типу задачі, що вирішується, мають певні чисельні параметри, за якими можна проводити їх порівняння:

- швидкість навчання;
- похибка навчання;
- обсяг тренувальних даних, необхідних для навчання мережі до певного рівня похибки.
- ресурси комп'ютера (зокрема, оперативної пам'яті, використання процесору).

Загальний алгоритм роботи з будь-якою нейронною мережею наведений на рисунку 1.

Інформаційні технології



Рисунок 1 – Загальний алгоритм роботи з будь-якою нейронною мережею

Алгоритм навчання моделі генеративно-змагальної нейронної мережі (GAN) наведений на рисунку 2.

Тестування та аналіз отриманих проміжних результатів проводилися протягом всього процесу розробки з метою коригування підходів до побудови алгоритмів та простеження ступеня навчання інтелекту.

Створення програмного модуля, що дозволить ігровим агентам, побудованим з використанням різних нейронних мереж, суперничати один з іншим (а не з людиною, як у звичайному режимі гри), дозволить виявити більш підготовленого з них. Окремо порівняні швидкості пошуку кращого рішення та отримані за однакову кількість епох навчання похибки.

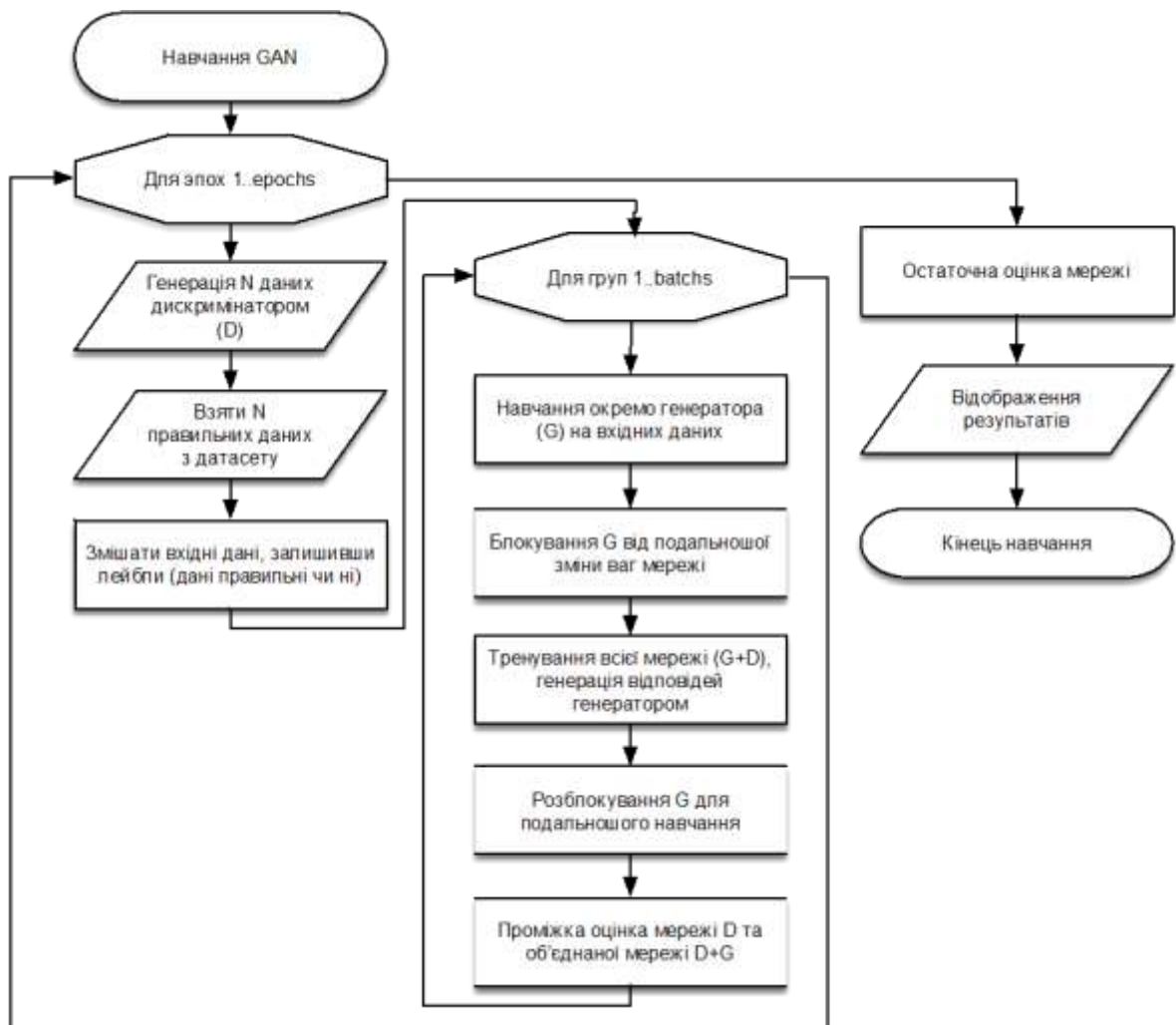


Рисунок 2 – Алгоритм навчання моделі генеративно-змагальної нейронної мережі (GAN)

Діаграма варіантів користування системою наведена на рисунку 3.

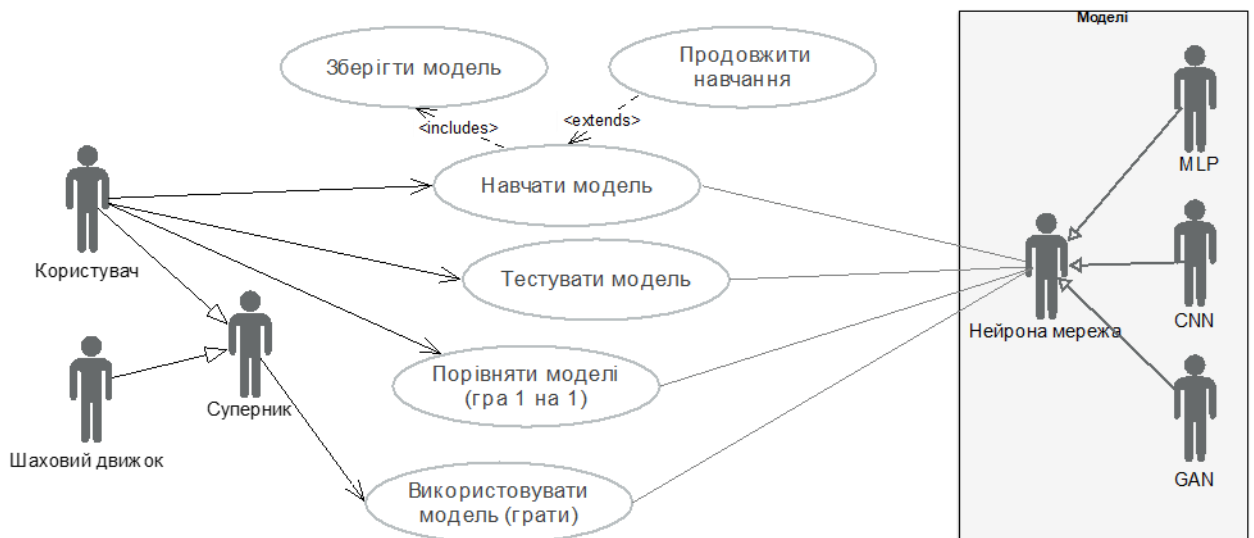


Рисунок 3 – Діаграма варіантів користування системою

Діаграма класів системи наведена на рисунку 4.

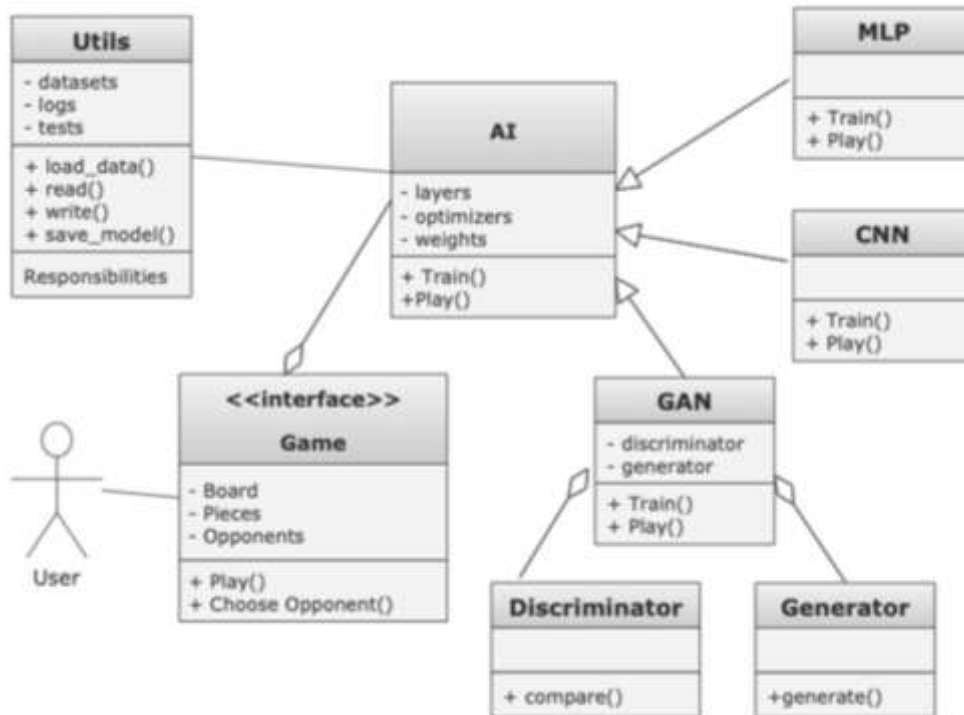


Рисунок 4 – Діаграма класів програмної системи

ВИСНОВКИ

Наведена загальна характеристика штучного інтелекту та використання нейронних мереж в комп'ютерних ігрових додатках. Здійснено огляд існуючих розробок й досліджень в цій галузі, описані існуючі проблеми й перспективні напрямки дослідження.

У багатьох галузях нейронні мережі мають довгу й успішну історію застосування, але їх внесок у реалізацію штучного інтелекту комп'ютерних ігор мінімальний. Зазвичай, розробники обмежуються використанням простіших нейронних мереж або схильються до традиційних підходів реалізації ігрових агентів.

Це пов'язано зі складністю їх впровадження в ігровий процес, що не дозволяє скористатися перевагами технології, зокрема, здатністю нейронних мереж до навчання й узагальнення, відсутності необхідності програмування алгоритмів поведінки агентів, підсилення інтелектуальності й правдоподібності дій штучного інтелекту в іграх.

Дослідники сходяться щодо кола проблем, які слід вирішити для подальшого розвитку технології. Це проблеми перенавчання мережі, обмеженості даних для навчання, високі вимоги до ресурсів комп'ютера.

Кожна розроблена нейронна мережа дає перспективу поширення нашого розуміння даної технології, знайти деяку закономірність при навчанні мереж, більш свідомо обирати модель для певних ігрових умов, спростити подальше впровадження машинного навчання в ігрову індустрію.

1. Дэн Тайнан, “Что такое машинное обучение?” 2017. [Online]. Available: <https://www.osp.ru/cio/2017/07/13052950/>.
2. “Из Прошлого, в Будущее Игровой Индустрии,” Kanobu, 2014. [Online]. Available: <https://kanobu.ru/articles/iz-proshlogo-v-budushee-igrovoj-industrii-367916/>.
3. Pannu A. Artificial Intelligence and its Application in Different Areas / A. Pannu // International Journal of Engineering and Innovative Technology (2015). – № 4 (10). – pp. 1–6 p.
4. Шампандар А. Дж. Искусственный интеллект в компьютерных играх. Пер. с англ. / А. Дж. Шампандар. – М.: Вильямс, 2007. – 768 с.
5. Паласиос Х. Unity 5.x. Программирование искусственного интеллекта в играх / Х. Паласиос. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 274 с.
6. Головки В. А. Нейронные сети. Обучение, организация и применение. Книга 4 / В. А. Головки. – М.: ИПРЖР, 2001. – 256 с.
7. Andersen P. Deep Reinforcement Learning using Capsules in Advanced Game Environments / P. Andersen. – University of Agder, 2018. – 144 p.S. Wender and I. Watson, “Data Mining and Machine Learning with Computer Game Logs,” no. October, 2007.
8. Usunier N. Episodic Exploration for Deep Deterministic Policies: An Application to StarCraft Micromanagement Tasks / N. Usunier, G. Synnaeve, Z. Lin, S. Chintala // ICLR-2017. – pp. 1–18.
9. Рассел С. Искусственный интеллект. Современный подход, 2-е изд. / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Вильямс, 2007. – 1410 с.
10. Wang H. Monte Carlo Q-learning for General Game Playing / H. Wang, M. Emmerich. – Leiden University, 2018. – 15 p.
11. Jadeja M. Deep Reinforcement Learning for Conversational AI / M. Jadeja, N. Varia. – DA-ИСТ, 2017. – 50 p.
12. Dill K. Design Patterns for the Configuration of Utility-Based AI / K. Dill, E. R. Pursel, P. Garrity, G. Fragomeni // Itsec. – 2012. – №121 (46). – pp. 1–12.
13. AI Architectures: A Culinary Guide (GDMag Article) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://intrinsicalgorithm.com/IAonAI/2012/11/ai-architectures-a-culinary-guide-gdmag-article/>. – Заголовок з екрану.
14. Game artificial intelligence: Challenges for the scientific community / R. Lara-Cabrera, M. Nogueira-Collazo, C. Cotta, A. J. Fernández-Leiva. // CEUR Workshop Proc. – 2015. – № 1394. – pp. 1–12.

Кривенко О. В., Шевчук Э. О.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИГРОВОЙ ЛОГИКИ НА БАЗЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

На сегодняшний день для того, чтобы игровой продукт был конкурентоспособным и успешным на рынке видеоигр, необходимо в новых продуктах иметь не только хорошую графическую составляющую, но и предложить что-то новое и инновационное, что сделает продукт лучше других.

Исследователи сходятся к кругу проблем, которые следует решить для дальнейшего развития технологии. Это проблемы переобучения сети, ограниченности данных для обучения, высокие требования к ресурсам компьютера.

Актуальность работы объясняется недостаточной степенью исследования и дефицитом эмпирического материала, препятствующего дальнейшим разработкам, связанным с вопросами использования методов искусственного обучения для реализации игровых механик, а именно, использование искусственных нейронных сетей для построения игровой логики.

Целью работы является усиление игровой логики средствами нейронной сети, что позволит ей рассудительно отвечать на действия соперников и иметь существенное влияние на качество игрового процесса.

Для осуществления поставленной цели решен ряд задач: проведен сравнительный анализ современных методов и алгоритмов машинного обучения, применяемые при построении игрового процесса, определены подходы к организации обучения нейронных сетей с базовыми топологиями; обоснованы и разработаны формальные модели игрового агента, основанные на методах машинного обучения; разработана программная система с реализацией игровой логики на базе нейронной сети; выполнено тестирование разработанной программной системы с визуализацией процесса обучения и оценка достоверности полученных результатов.

В результате исследования были разработаны нейронные сети с различными конфигурациями, топологией и методами обучения, проанализированы и сравнены полученные модели по параметрам точности и времени обучения.

Рекомендации проведенного комплексного анализа различных топологий и принципов машинного обучения могут быть использованы при разработке видеоигр, построенных на базе нейронной сети, а также в рамках других научных исследований.

Ключевые слова: *методы машинного обучения, машинный интеллект, нейронные сети, игровая логика, формализованная модель, игровой агент, программная система*

Kryvenko Olha, Shevchuk Eduard

RESEARCH OF USE OF MACHINE-LEARNING METHODS FOR IMPLEMENTING GAME LOGIC ON THE BASIS OF NEURAL NETWORKS

Today, in order for a game product to be competitive and successful in the video game market, it is necessary to have not only a good graphic component in new products, but also offer something new and innovative that will make the product better than others.

Researchers come to the circle of problems that should be solved for the further development of technology. These are problems of retraining the network, limited data for training, and high demands on computer resources.

The relevance of the work is explained by the insufficient degree of research and the lack of empirical material that impedes further developments related to the use of artificial learning methods to implement game mechanics, namely, the use of artificial neural networks to build game logic.

The aim of the work is to strengthen the game logic by means of a neural network, which will allow it to reasonably respond to the actions of rivals and have a significant impact on the quality of the game process.

To achieve this goal, a number of tasks have been solved: a comparative analysis of modern machine learning methods and algorithms used in the construction of the game process has been carried out, approaches to the organization of training of neural networks with basic topologies have been determined; substantiated and developed formal models of the game agent based on machine learning methods; developed a software system with the implementation of game logic

based on a neural network; testing of the developed software system with visualization of the learning process and assessment of the reliability of the results.

As a result of the study, neural networks with various configurations, topology and training methods were developed, the obtained models were analyzed and compared in terms of accuracy and training time.

The recommendations of the comprehensive analysis of various topologies and principles of machine learning can be used in the development of video games built on the basis of a neural network, as well as in other scientific studies.

Keywords: *machine learning methods, machine intelligence, neural networks, game logic, formalized model, game agent, software system*

Рецензент: доц., канд. техн. наук Левицька Т. О.

Стаття надійшла 15.11.2019 р.

УДК 004.42

Левицька Т.О.¹, Бєлан Е.В.²

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВИБОРУ НАЙКОРОТШОГО МАРШРУТУ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ОБ'ЄКТА У ПРИМІЩЕННІ

Дана робота присвячена дослідженню проблем побудови маршрутів переміщення автономних об'єктів (роботів) в приміщеннях. Розглянуті методи пошуку оптимальних маршрутів на графах, реалізуються три алгоритми та порівнюються результати їх роботи. Алгоритми пошуку найкоротших шляхів поділяються на два типи: пошук шляху на дискретному робочому полі (лабіринті), пошук шляху на графі. Обидва класи алгоритмів мають свої переваги і недоліки, а так само свою вузьку сферу застосування.

З розвитком робототехніки актуальним завданням є оптимальне переміщення автономного мобільного робота в приміщенні. Вважаємо, що приміщення складається з залів, які з'єднуються коридорами. У залах можуть перебувати перешкоди, які необхідно обходити. Зазначимо, що в кожному прохідному залі побудовані найкоротші внутрішні маршрути, що з'єднують різні входи в приміщення. Дане завдання може вирішуватися за допомогою хвильового алгоритму або інших відомих алгоритмів, наприклад, методу графа видимості (visibility graphs) або методу декомпозиції на комірки (cell decomposition). Дослідження полягало в порівнянні алгоритмів Дейкстри, A і Contraction hierarchies для невеликого приміщення. Для порівняння роботи алгоритмів пошуку запускали процедури пошуку на різних маршрутах. Причому маршрути в вибірці були як короткі так і довгі, оскільки реалізовані алгоритми по-різному показали себе на маршрутах різної довжини. В тестових випробуваннях найкращим виявився алгоритм Contraction hierarchies, незначною мірою йому уступив алгоритм A*, але беручи до уваги складність попередньої побудови графу приміщення, вважаємо найкращим алгоритм A*. Отримані результати можуть бути використані при розробці системи **вибору та візуалізації найкоротшого маршруту** при переміщенні об'єкта у приміщенні, яка стане основою логіки роботи мобільного автономного пристрою – роботу, або ігрового об'єкту в комп'ютерній грі. Метою даної статті є публікація результатів порівняльного аналізу алгоритмів пошуку найкоротшого*

¹ кан. техн. наук, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь, tlevitiisys@gmail.com

² бакалавр, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь, fortatem@ukr.net