

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації

Новікова Артема Олександровича

**«Інформаційна технологія для тестування алгоритмів керування
роботизованими пристроями у сценаріях командної взаємодії у
мультіагентних системах»,**

яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 12 – Інформаційні технології

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

1. Оцінка роботи здобувача у процесі підготовки дисертації та виконанні індивідуального плану навчальної та наукової роботи.

Здобувач виконав у повному обсязі індивідуальний план виконання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітня програма в обсязі 40 кредитів ECTS виконана у повному обсязі. Здобувач успішно склав іспити з наступних дисциплін: Концептуальні моделі архітектури та технології проектування проблемно-орієнтованих інформаційних систем, Методи та технології обробки інформації в нейронних мережах великого розміру, Іноземна мова для аспірантів (англійська), Сучасні методи та засоби моделювання складних комп'ютеризованих систем. А також заліки з дисциплін: Філософські засади та методологія наукових досліджень, Іноземна мова для аспірантів (англійська), Основи інноваційного менеджменту, Теорія обчислень програмування, Сучасний числовий аналіз, Концептуальні моделі архітектури та технології проектування проблемно-орієнтованих інформаційних систем, Експертні системи на нечіткій логіці для аналізу даних.

У процесі навчання здобувач набув всіх компетентностей, теоретичних знань, вмінь і навичок, визначених Стандартом вищої освіти третього науково-освітнього рівня за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Всі заплановані види робіт були виконані своєчасно. Здобувач плідно співпрацював з науковим керівником протягом всього терміну навчання в аспірантурі.

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Сучасний розвиток автономних систем відкриває широкі можливості для їхнього використання в різних сферах діяльності. Однак ефективне керування такими системами в динамічних умовах залишається складним завданням. Одним з ключових викликів є адаптація алгоритмів та підходів керування до мінливого середовища, забезпечення злагодженої командної взаємодії між автономними агентами та розробка стратегій протидії в умовах конкурентного середовища. Ці аспекти є критично важливими у військових, логістичних та рятувальних операціях, де точність і оперативність прийняття рішень безпосередньо впливають на ефективність виконання завдань.

Розроблена інформаційна технологія надає можливість тестування алгоритмів у сценаріях, що моделюють як кооперативну, так і антагоністичну взаємодію автономних агентів. Це дозволяє визначити оптимальні підходи для виконання різних задач, зокрема:

- Розмінування територій, де автономні роботи аналізують навколишнє середовище та формують стратегії для ефективного очищення небезпечних зон.
- Логістика та автономна доставка, що вимагають оптимального планування маршрутів з урахуванням динамічних змін у середовищі та перешкод.
- Військові задачі БПЛА, у яких автономні безпілотні літальні апарати використовуються як для розвідки, так і для протидії ворожим системам.
- Керування роями дронів та групами роботизованих систем, що дозволяє розробляти узгоджені тактики дій та оптимізувати взаємодію між численними агентами.
- Протидія ворожим автономним системам, що є критично важливим у сценаріях кібербезпеки та оборони.

3. Внесок дисертанта в отриманні наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вирішенні конкретного науково-прикладного завдання – розробці та теоретичному обґрунтуванні платформи для тестування алгоритмів керування роботизованими пристроями в мультиагентних системах, використовуючи модифіковану версію гри Pac-Man як інноваційний фреймворк для оцінки ефективності алгоритмів та підходів керування роботизованими пристроями у сценаріях командної взаємодії.

Новизна наукових результатів конкретизується в таких положеннях:

Представлено вперше:

- Розроблено платформу для тестування алгоритмів керування роботизованими пристроями у сценаріях командної взаємодії в мультиагентних системах на базі середовища гри Pac-Man. Це дозволило моделювати реалістичні умови колективної взаємодії та об'єктивно оцінити ефективність застосовуваних підходів керування.

- Запропоновано модифікацію гри Pac-Man як інноваційний фреймворк для автоматизації досліджень та оцінювання ефективності алгоритмів керування роботизованими пристроями в антагоністичних та кооперативних стратегіях, що дозволило інтегрувати елементи гейміфікації з аналітичними підходами до моделювання поведінки агентів.

Набуло подальшого розвитку:

- Модифіковано алгоритм MCTS (Monte Carlo Tree Search) шляхом використання специфічної функції оцінки потенційного стану в процесі симуляції при плануванні маршруту та динамічному реагуванні на загрози. Це дозволило підвищити точність прогнозування траєкторій і забезпечити оперативне реагування на змінні умови середовища.

- Проведено детальний порівняльний аналіз та обґрунтовано ефективність розроблених алгоритмів пошуку та планування маршрутів для керування рухомими пристроями на 2D-моделях рельєфу різної складності. Це надало змогу аргументувати ефективність роботи платформи на основі результатів суміжних наукових досліджень та ідентифікувати оптимальні алгоритмічні рішення для різних варіантів моделей місцевості.

– За допомогою розробленої платформи доведено адекватність синтезованої моделі нейромережі, навчання якої здійснювалось за допомогою алгоритму MADDPG, у вирішенні задач протидії агентам, керованим базовими алгоритмами пошуку. Це дозволило визначити переваги та обмеження методу навчання та обґрунтувати потенціал використання MADDPG для реального застосування в керуванні роботизованими системами.

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються

Сформульовані у дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації, ґрунтуються на теоретико-методологічних засадах науки в галузі інформаційних технологій, узагальненні поглядів та ідей провідних вітчизняних і зарубіжних учених, використанні системи загальнонаукових і спеціальних методів. У роботі здійснено аналіз значного обсягу наукових джерел та досліджень, наведено дані про апробацію результатів на науково-практичних конференціях. У цілому отримані результати є достовірними, науково обґрунтованими та документованими.

5. Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає в розробці інформаційної технології, яка є інструментом для аналізу, тестування та синтезу нових моделей і методів керування роботизованими пристроями. Розробка і тестування алгоритмів для вирішення реальних задач дає змогу створювати нові методи та моделі, що можуть бути використані в різних сферах, таких як розробка роботизованих систем, безпілотних літальних апаратів (БПЛА), логістика та військові операції, наприклад, розмінування, розвідка, рятувальні операції тощо. Запропонована платформа є універсальним фреймворком, який не лише дозволяє оцінювати ефективність існуючих алгоритмів у змодельованих умовах, але й відкриває можливості для розширення набору методів, моделей середовищ і інтеграції нових стратегій автоматизованого керування у реальні автономні системи. Ретельний аналіз алгоритмів, проведений у рамках дослідження, сприяє розширенню теоретичної

та практичної основи, що надає дослідникам і науковцям додаткові деталі для модифікації існуючих рішень або розробки нових, що допоможе у подальшому розвитку теоретичних підходів у цій галузі. Таким чином, результати дослідження мають високий потенціал для практичного впровадження та розвитку сучасних технологій керування рухомими пристроями в мультиагентних системах.

6. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором

Основні наукові результати дисертаційної роботи у повній мірі викладено в 5 публікаціях, з яких: 4 статті опубліковано в фахових виданнях України, 1 з них опубліковано англійською мовою та проіндексовано в наукометричній базі SCOPUS:

Статті у наукових фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз:

1. Sergiy Yakovlev, Artem Novikov, Ivan Gushchin. Exploring the possibilities of MADDPG for UAV swarm control by simulating in Pac-Man environment. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2025. Vol 2025. № 1. P. 327-337. ISSN 1814-4225 (print), ISSN 2663-2012 (online). DOI: 10.32620/reks.2025.1.21 (Scopus)

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Новіков А.О., Маций О.Б. Потенціал використання нейронних мереж для передавання траєкторії руху у мультиагентних системах на прикладі гри Pac-Man. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2024. Випуск 4. № 147. С. 92–104. DOI: 10.32782/1995-0519.2024.4.12

2. Novikov A. O., Yanovsky V.V. Analysis of Search and Multi-Agent Algorithms in the Pac-Man Game. *Control Systems and Computers*. 2024. Vol 308. № 4. P. 19–33. DOI: 10.15407/csc.2024.04.019

3. Novikov A. O., Yanovsky V.V. Exploring the limits of mcts in pac-man: maze size, simulations, and performance. *Herald of Khmelnytskyi National University*.

Technical sciences. 2024. Vol. 341. № 5 P. 351–359. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-341-5-52

4. Novikov A. O., Yanovsky V.V. Analysis of the decision-making algorithm efficiency in complex game environments on the example of Pac-Man. Information Technologies and Computer Engineering. Vol. 21. № 3 P. 108–118. <https://doi.org/10.63341/vitce/3.2024.108> DOI: 10.63341/vitce/3.2024.108

7. Апробація матеріалів дисертації

Основні результати дисертаційного дослідження доповідались та обговорювались на:

- Науково-методичному семінарі аспірантів ННІ комп'ютерних наук та штучного інтелекту Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, 14 лютого 2024 року, Харків, Україна.
- XII Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасної науки та освіти», 29-30 серпня 2024 р., Львів, Україна.
- 10th International scientific and practical conference “Science and society: modern trends in a changing world”, September 2-4, 2024, Vienna, Austria (Online).
- XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання розвитку науки та освіти», 29-30 жовтня 2024 року, Львів, Україна.
- X Науково-технічній міжнародній конференції «Комп'ютерне моделювання у наукоємних технологіях (КМНТ –2024)», 27-29 листопада 2024 року, Харків, Україна.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Novikov A.O., Matsyi O.B. Enhancing decision-making in multi-agent systems through neural network-based trajectory prediction. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасної науки та освіти». Львів, Україна. 2024. С. 54-56. URL: <http://www.lviv-forum.inf.ua/save/2024/29-30.08/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf>

2. Novikov A.O., Matsyi O.B. Comparative analysis of trajectory prediction techniques in multi-agent systems: traditional vs neural network approaches. Матеріали XIII Міжнародної Науково-Практичної Конференції «Актуальні питання розвитку науки та освіти». Львів, Україна. 2024. С. 174-177. URL: <http://www.lviv-forum.inf.ua/save/2024/29-30.10/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf>

3. Novikov I., Yanovsky V. Identification and analysis of shadow zones in artificial neurons // Science and society: modern trends in a changing world. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. Pp. 45-50. URL: <https://sci-conf.com.ua/x-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-and-society-modern-trends-in-a-changing-world-2-4-09-2024-viden-avstriya-arhiv/>.

8. Оцінка структури, мови та стилю дисертації

Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Дисертація написана науковим стилем мовлення, структура дисертації відповідає порядку здійсненого автором дослідження. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. №44), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

9. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Новікова А.О. «Інформаційна технології для тестування алгоритмів керування роботизованими пристроями у сценаріях командної взаємодії у мультіагентних системах» повністю відповідає галузі знань 12 – «Інформаційні технології» та відповідає паспорту спеціальності 122 –

«Комп'ютерні науки». Здобувачем повністю виконано освітню та наукову складову третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

10. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

11. Результати обговорення та проведення презентації. Рекомендація дисертації до захисту

Здобувач представив основні результати своєї дисертаційної роботи на розширеному засіданні кафедри математичного моделювання та аналізу даних ННІ комп'ютерних наук та штучного інтелекту Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна щодо попередньої експертизи дисертації (витяг з протоколу №17 розширеного засідання кафедри математичного моделювання та аналізу даних від 23.04.2025 року) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення.

У рамках цього розширеного засідання було ухвалено одноголосно рекомендувати роботу здобувача Новікова Артема Олександровича «Інформаційна технологія для тестування алгоритмів керування роботизованими пристроями у сценаріях командної взаємодії у мультіагентних системах» до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Головуючий на розширеному
Засіданні кафедри математичного
моделювання та аналізу даних,
кандидат технічних наук, доцент,
в.о. завідувача кафедри
математичного моделювання та аналізу даних
ННІ комп'ютерних наук та штучного інтелекту
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Володимир СТРУКОВ