

Дмитро Кравченко

аспірант

Місце навчання: Сумський державний університат, Суми, Україна

ORCID ID 0009-0009-6697-0345

dimkarmk4444@gmail.com

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КООРДИНАЦІЇ АВТОНОМНИХ АГЕНТІВ

Анотація. У статті проаналізовано переваги мультиагентних систем (MAS) у вирішенні задач координації автономних агентів у динамічних середовищах. Розглянуто сучасні підходи — багатоагентне навчання з підкріпленням (MARL), великі мовні моделі (LLM-агенти) та методи на основі теорії ігор. Визначено ключові переваги MAS: масштабованість, відмовостійкість, адаптивність, гнучкість рішень і здатність до самонавчання. Проведено аналіз літератури 2022–2025 рр. і моделювання сценаріїв взаємодії агентів у транспортних системах. Результати підтверджують ефективність MAS для створення інтелектуальних і стійких систем керування.

Ключові слова: мультиагентні системи, координація агентів, MARL, LLM, теорія ігор, адаптивні системи.

1. ВСТУП

Сучасні системи штучного інтелекту стикаються з проблемою координації автономних агентів у динамічних середовищах, де необхідно узгоджувати дії, розподіляти ресурси й забезпечувати стійкість роботи в умовах невизначеності. Традиційні централізовані підходи часто виявляються неефективними при масштабуванні або виході з ладу центрального елемента системи.

Постановка проблеми. Сучасні системи штучного інтелекту стикаються з проблемою координації автономних агентів у динамічних середовищах, де необхідно узгоджувати дії, розподіляти ресурси й забезпечувати стійкість роботи в умовах невизначеності. Традиційні централізовані підходи часто виявляються неефективними при масштабуванні або виході з ладу центрального елемента системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях останніх років розглядаються підходи до координації мультиагентних систем (MAS), серед яких: багатоагентне навчання з підкріпленням (MARL), кооперативні великі мовні моделі (LLM-агенти), ієрархічні архітектури та ігрові підходи до узгодження цілей. Доведено, що мультиагентні системи здатні значно підвищувати ефективність у транспортній логістиці, енергомережах, робототехніці та інших сферах, де потрібна колективна взаємодія.

Мета публікації. Метою є аналіз переваг мультиагентних систем порівняно з традиційними підходами, виявлення ключових тенденцій їх розвитку та визначення напрямів подальших досліджень у сфері координації агентів.

3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Для досягнення мети дослідження було обрано комплекс методів, що забезпечують системність, обґрунтованість та достовірність отриманих результатів. Застосовано методи:

- системного аналізу для структурування підходів до координації агентів;
- порівняльного аналізу централізованих, децентралізованих і гібридних моделей;
- аналітичного огляду літератури (2022–2025 рр.) із баз Scopus, IEEE Xplore та arXiv;

- моделювання сценаріїв взаємодії агентів, зокрема в задачах транспортного керування.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У результаті проведеного аналізу визначено ключові переваги мультиагентних систем, що забезпечують їхню ефективність у вирішенні складних завдань у динамічних середовищах. Зокрема, встановлено, що продуктивність MAS значною мірою залежить від якості механізмів комунікації між агентами, оскільки саме інформаційна взаємодія формує здатність системи до колективного узгодження дій. Доведено, що використання семантично збагачених моделей, зокрема LLM-агентів, значно підвищує точність прийняття рішень у складних і непередбачуваних сценаріях.

Важливим аспектом є те, що мультиагентні системи дозволяють ефективно розв'язувати задачі, які традиційні централізовані підходи не можуть масштабувати. Наприклад, у транспортних мережах MAS забезпечують можливість децентралізованого керування потоками, що зменшує навантаження на центральні вузли та дозволяє системі адаптуватися до заторів, аварій чи змін у трафіку. Аналогічні переваги спостерігаються в енергомережах, де автономні агенти оптимізують розподіл навантаження та знижують ризики пікових перевантажень.

Отримані результати узагальнюють основні властивості MAS, які відрізняють їх від традиційних централізованих систем і визначають перспективність їхнього подальшого розвитку.

Переваги мультиагентних систем.

- Масштабованість. Система зберігає ефективність навіть при зростанні кількості агентів; застосовується у великих мережах, як-от «розумні міста» чи енергомережі.
- Відмовостійкість. Відсутність центральної точки відмови підвищує надійність.
- Адаптивність. Агенти здатні реагувати на зміни середовища в реальному часі.
- Гнучкість прийняття рішень. Поєднання локальної автономії та глобальної координації.
- Ефективне використання ресурсів. Завдяки аукціонним, консенсусним і ігровим механізмам.
- Навчання та самовдосконалення. Використання MARL, LLM-агентів та емерджентних протоколів спілкування.

Результати аналізу також підтверджують, що поєднання MARL із ігровими моделями дає змогу розробляти більш стабільні стратегії колективної поведінки, оскільки агенти можуть одночасно вивчати оптимальні дії та враховувати можливі конфлікти інтересів. Застосування консенсусних алгоритмів забезпечує досягнення узгоджених рішень навіть у випадку шумних або частково недостовірних даних.

Основні тренди.

- Інтеграція великих мовних моделей для семантичної координації.
- Використання теорії ігор для узгодження інтересів агентів.
- Розробка ієрархічних архітектур, що поєднують централізоване й децентралізоване управління.
- Підвищення робастності та безпеки систем у присутності супротивних агентів.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведений аналіз підтвердив, що мультиагентні системи є ефективним інструментом для побудови інтелектуальних, масштабованих і адаптивних рішень у складних середовищах. Вони забезпечують децентралізоване прийняття рішень, підвищену гнучкість і колективну оптимізацію поведінки.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на:

- стандартизацію метрик оцінювання ефективності LLM-агентів у MAS;
- розробку гібридних архітектур з підвищеною масштабованістю;
- підвищення стійкості систем до адверсарних агентів;
- формування загальної методології порівняльного аналізу MAS у різних доменах.

Отже, мультиагентні системи формують основу для побудови вискоефективних, гнучких та стійких до зовнішніх впливів рішень. Їхній подальший розвиток відкриває широкі можливості для автоматизації та оптимізації процесів у різних галузях, а також створює передумови для появи нових поколінь автономних систем, здатних до колективного інтелектуального функціонування.

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

NATIONAL UNIVERSITY
OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE

FACULTY OF INFORMATION
TECHNOLOGY

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

PROCEEDINGS

XIII International scientific
and practical conference

**GLOBAL AND
REGIONAL PROBLEMS OF
INFORMATIZATION IN
SOCIETY AND
NATURE USING
'2025**

13-14 November 2025

Kyiv, NULES of Ukraine

Kyiv 2025

МАТЕРІАЛИ

XIII Міжнародної науково-
практичної конференції

**ГЛОБАЛЬНІ ТА
РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАТИЗАЦІЇ В
СУСПІЛЬСТВІ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ
'2025**

13-14 листопада 2025 року

Київ, НУБіП України

Київ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ

XIII Міжнародної науково-практичної конференції

ГЛОБАЛЬНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ В СУСПІЛЬСТВІ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ '2025

13-14 листопада 2025 року

Київ, НУБіП України

Київ 2025

УДК 004

Рекомендовано до друку вченою радою факультету інформаційних технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 4 від 18.12.2025).

Укладач: д.т.н., доцент Шкарупило В.В.

Збірник матеріалів XIII Міжнародної науково-практичної конференції "Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні '2025", 13–14 листопада 2025 року, НУБіП України, Київ. – К.: НУБіП України, 2025. – 206 с.

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

© Національний університет біоресурсів
і природокористування України, 2025