

УДК 004.89:656.07:658.7

## ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ В ОРГАНІЗАЦІЮ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

Д.О. Кульова, *д-р. філос.*,  
С.В. Лисенко, *доц., канд. техн. наук*,  
П.І. Кращенко, *ст. гр. ЛАТ-25М*,  
А.О. Плаксий, *ст. гр. ТТ-22*,

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*

Розробка та впровадження мультиагентних систем в організацію роботи транспортно-технологічної системи, що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі системи, вимагає проходження кількох великих етапів, представлених на рис. 1.

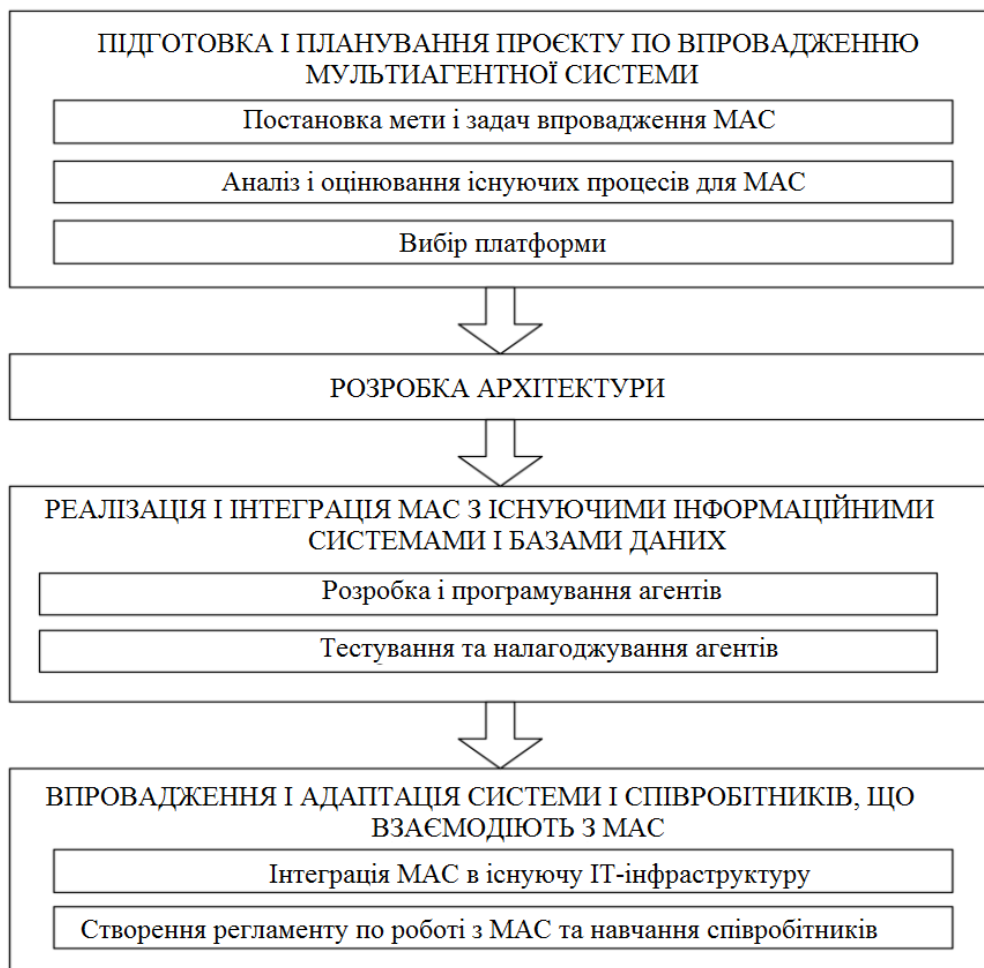


Рисунок 1 – Етапи розробки та впровадження мультиагентної системи

Підготовка та планування проекту з впровадження починається з визначення цілей та завдань, які вирішує мультиагентна система (МАС). Метою буде вдосконалення взаємодії учасників транспортно-технологічної системи, що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі за допомогою оптимізаційних алгоритмів, що лежать в основі поведінки

агентів системи. Завданнями можуть бути: керування транспортними засобами (ТЗ) та оптимізація маршрутів на основі інтелектуальних алгоритмів, що враховують різні фактори; планування та оптимізація операцій у рамках транспортно-технологічної системи, що обслуговує логістичні процеси торговельної мережі та її учасників; контроль завдань, включаючи моніторинг та трекінг; інтеграція різноманітних інформаційних систем.

На першому етапі також проходить аналіз існуючих процесів та послуг для впровадження МАС. Що ж до процесів і послуг кожного конкретного учасника системи, всі вони будуть індивідуальні і може бути регламентовані у єдиному форматі.

При аналізі технологічних процесів варто дотримуватись схеми, представленої на рис. 2.

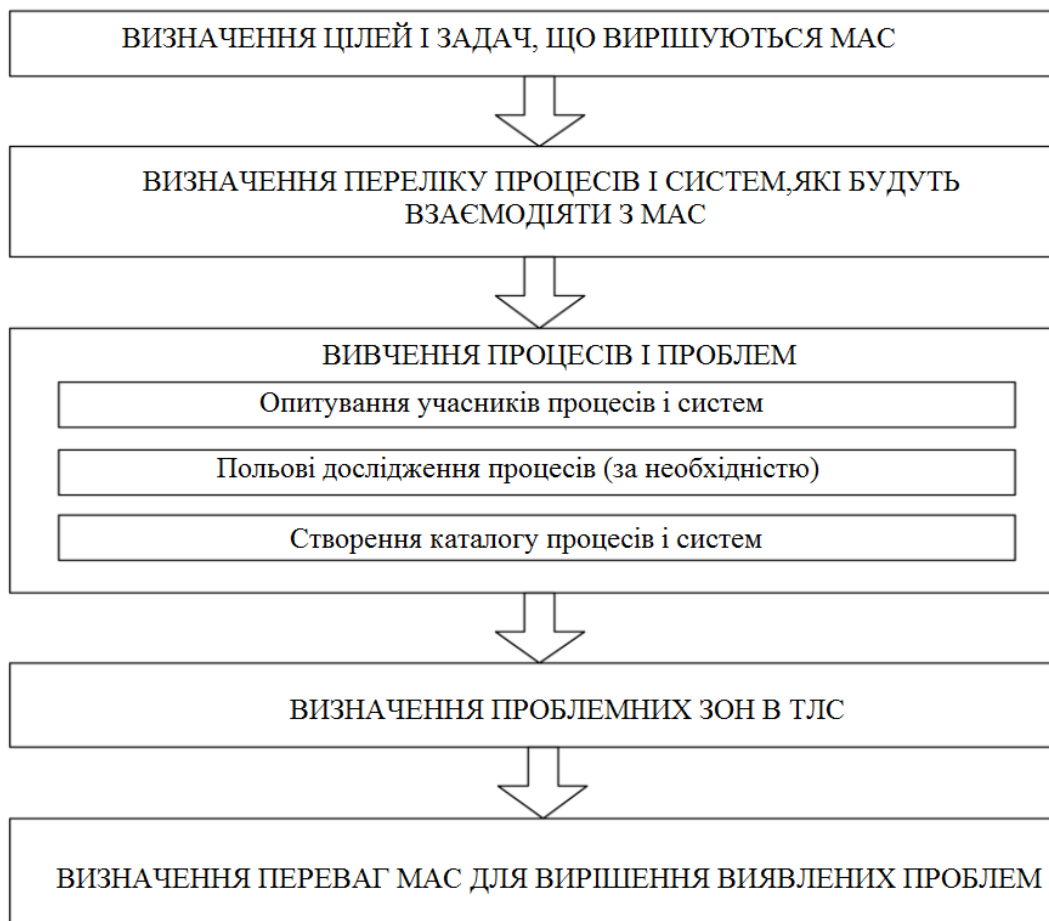


Рисунок 2 - Схема аналізу технологічних процесів

Варто враховувати, що проведення аналізу та оцінки існуючих технологічних процесів та систем на підприємстві потребує їх глибокого розуміння та можливостей мультиагентних систем. Часто для вирішення цього завдання необхідні фахівці з відповідними знаннями та досвідом у галузі мультиагентних систем та аналізу технологічних процесів.

На першому етапі здійснюється вибір платформи для впровадження МАС. Вирішення цього завдання залежить від безлічі факторів, до яких можна віднести вимоги до продуктивності, масштабованість, сумісність з існуючими системами та вартість. В даний час найпопулярнішими платформами для розробки МАС є:

- JADE ( Java Agent Development Framework ) - платформа, яка підтримує розробку та виконання агентів на Java ;

- NetLogo - платформа для створення та симуляції агентних систем на мові

програмування Logo ;

- MASON - платформа з відкритим вихідним кодом, яка надає інструменти для створення, виконання та аналізу MAC ;

- Swarm - платформа, що дозволяє створювати та симулювати великі MAC .

Вибір платформи також супроводжується перевіркою можливості забезпечення сумісності з існуючими системами, які використовують стандартні протоколи та інтерфейси. Не слід забувати, що крім сумісності систем може знадобитися налаштування комп'ютерних агентів для взаємодії з іншими компонентами.

Висновком першого етапу буде визначення бюджету, термінів та ресурсів для впровадження MAC .

Другий етап полягає у розробці архітектури MAC з урахуванням особливостей транспортно-технологічної системи, яка обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі. В рамках цього етапу визначено параметри агентів (Споживач, Логістичний термінал, Транспорт, Виробництво, Транспортна мережа) та їх характеристика поведінки.

На третьому етапі відбувається реалізація та інтеграція MAC з існуючими інформаційними системами та базами даних. Основними виконавцями даного етапу є ІТ-фахівці, які здійснюють розробку, програмування та тестування агентів системи, налагодження комп'ютерних агентів з транспортно-технологічною системою, що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі, здійснюють інтеграцію з існуючими інформаційними системами та базами даних, а також перевірку та сумісність MAC із процесами локальних компаній.

Під час реалізації цього етапу фахівці проводять підготовку даних для майбутнього навчання комп'ютерних агентів. Підготовка даних є складним та важливим етапом, адже від нього залежать результати дій агентів. Для отримання даних фахівці використовують інформаційні системи та бази даних учасників транспортно-технологічної системи, яка обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі.

Інформація для обробки комп'ютерним агентом при прийнятті рішення та джерело, з якого вона походить наведені в табл. 1

Таблиця 1 - Дані для функціонування мультиагентної системи

Інформація для обробки агентом	Інформаційна система (ІС) / база даних (БД)
Замовлення (товарні позиції та їх кількість)	ІС класу SRM ; ІС класу ERP ; ІС класу CRM
Термін виконання замовлення	ІС класу SRM ; ІС класу ERP ; ІС класу CRM
ВДХ товарних позицій	ІС класу MES ; ІС класу WMS
Термін можливого відправлення на термінал	ІС класу MES ; ІС класу WMS ; ІС класу ERP
Наявність вільних ТЗ	БД Біржі вантажоперевезень; ІС класу TMS
Характеристика ТЗ	БД Біржі вантажоперевезень; ІС класу TMS
Рейтинг водіїв (під час роботи з біржею)	БД Біржі вантажоперевезень; ІС класу TMS
Вартість фрахту ТЗ/ місця в ТЗ	БД Біржі вантажоперевезень; ІС класу TMS
Наявність вільних потужностей на терміналі	ІС класу WMS
Ретроспективні дані про завантаження потужностей у попередні періоди	ІС класу WMS
Наявність ТЗ під завантаження конкретному ретейлеру	НР класу \УМЕ
ГІС-карта районів доставки вантажу	Сервери ГІС-карт

Інформація про клас систем дозволить ІТ-фахівцям якісніше підібрати методи та підходи до формування MAC для транспортно-технологічної системи, що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі. На основі цих даних ІТ-фахівці розпочинають навчання комп'ютерних агентів: вибирають алгоритми навчання, оптимізують параметри та проводять тестування моделей для досягнення найкращих результатів. Після отримання ІТ-фахівцями (тестувальниками) задовільних результатів навчання MAC готова до

впровадження та переходу на заключний етап.

На заключному четвертому етапі відбувається впровадження та адаптація системи та співробітників, що взаємодіють з МАС. ІТ-фахівці повинні інтегрувати моделі в існуючу ІТ-інфраструктуру організації та провести тестування в реальних умовах: дослідне та промислове впровадження.

Під час проведення першої частини впровадження варто розпочати навчання працівників роботі з МАС. Контур регламентів і правил відрізняться залежно від архітектури та інтерфейсу програми, тому рекомендації щодо навчання можуть бути сформульовані лише за підсумками розробки конкретної системи.

Варто зазначити, що навіть після впровадження МАС у роботу з учасниками транспортно-логістичної системи (ТЛС) будуть потрібні постійна підтримка, збір даних та оптимізаційних моделей для покращення та безперервного вдосконалення роботи МАС.

#### Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Підвищення надійності функціонування транспортно-виробничих систем управлінням логістичними потоками. Зб. тез доповідей Х Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 23-24 лют. 2023 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. – С. 542-545.
5. Плекан У.М., Ляшук О.Л., Аулін В.В., Цьонь О.П., Матвіїшин А.Й. Логістична стратегія автотранспортного підприємства. Організаційні аспекти формування. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.75-82.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Замуренко А.С., Рябцев Н.О., Ганчар О.О. Моделювання ефективності та надійності транспортних операцій. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. *Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems*", 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 177-180.
7. Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Аулін В.В., Голуб Д.В. Ефективність використання цифрових та інтелектуальних технологій в транспортно-виробничих системах. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць. Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С.75-78.
8. Аулін В.В., Голуб Д.В., Замуренко А.С. Формальний підхід дослідження ефективності операцій в транспортних системах. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С.17-19.
9. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Використання методу нечітких множин для оцінки показників ергономічності транспортних засобів. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць. Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С.15-17.
10. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Лівіцький О. М., Дьяченко В.О. Ефективність, якість та надійність реалізацій операцій в транспортно-виробничих системах. Зб. тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 25-26 лют. 2021 р., м. Київ. НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2021. С. 10-14.