

АРХІТЕКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ АГЕНТНИХ СИСТЕМ В АВТОМАТИЗОВАНОМУ УПРАВЛІННІ ЛОГІСТИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано основні структурні елементи ІАС, зокрема агенти, агентне середовище, комунікаційну інфраструктуру, базу знань і системи прийняття рішень. Окрема увага приділена класифікації агентів за функціональним призначенням: координатори, монітори, аналізатори та виконавці. Запропоновано типову схему їх взаємодії в умовах динамічного логістичного середовища.

Ключові слова: агенти, агентні системи, архітектура, агенти-координатори, агенти-монітори, агенти-аналізатори, виконавчі агенти.

Abstract

The article analyses the main structural elements of IAS, including agents, agent environment, communication infrastructure, knowledge base and decision-making systems. Particular attention is paid to the classification of agents by functional purpose: coordinators, monitors, analyzers and executors. A typical scheme of their interaction in a dynamic logistics environment is proposed.

Keywords: agents, agent systems, architecture, coordinating agents, monitoring agents, analysing agents, executing agents.

Вступ

Ефективне управління логістикою відіграє ключову роль у забезпеченні конкурентоспроможності підприємств, оптимізації витрат та покращенні якості обслуговування клієнтів [1]. Водночас зростання масштабів і складності логістичних процесів потребує впровадження новітніх технологій, здатних забезпечити оперативну обробку інформації, адаптацію до змін середовища та автономне прийняття рішень. Дедалі більшого поширення набувають інтелектуальні агентні системи (ІАС), що демонструють високий потенціал у вирішенні задач логістичного управління завдяки своїм децентралізованим і самоорганізаційним властивостям.

Метою роботи є дослідження функціональної структури агентів та механізмів їхньої взаємодії в умовах динамічного логістичного середовища.

Результати дослідження

Інтелектуальні агентні системи – розподілені обчислювальні структури, побудовані на основі взаємодії множини автономних агентів, що здатні до самостійного сприйняття середовища, аналізу ситуацій, прийняття рішень та узгодження своїх дій із діями інших агентів у системі.

ІАС поєднують риси штучного інтелекту, теорії складних систем і мультиагентної взаємодії між окремими агентами, що дозволяє ефективно вирішувати задачі в умовах невизначеності, багатоваріантності рішень і обмеженості часу. Застосування таких систем є особливо актуальним у сферах, що характеризуються високим рівнем динамічності та складності – зокрема в логістиці, управлінні виробничими процесами, енергетичних мережах та електронній комерції.

Завдяки своїм структурним та функціональним властивостям, ІАС забезпечують гнучкість, адаптивність і масштабованість, що робить їх ефективним інструментом у побудові інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень.

Архітектура агентної системи зазвичай має модульну та ієрархічну структуру, що забезпечує масштабованість, адаптивність і взаємодію між агентами. Основні елементи архітектури:

- Агенти – автономні програмні сутності, які виконують певні ролі, мають мету, власні правила поведінки й здатність до спілкування.
- Агентне середовище – платформа або середовище функціонування, де агенти можуть

спостерігати, взаємодіяти, переміщуватись (в мобільних ІАС).

– Комунікаційна інфраструктура – протоколи обміну повідомленнями (наприклад, FIPA-ACL), механізми публікації й підписки, координатори взаємодії.

– База знань – набір правил, моделей або структурованих даних, які використовуються агентом для прийняття рішень.

– Системи планування й ухвалення рішень – алгоритми, які дають змогу агентам діяти раціонально згідно зі зміною стану середовища.

Тип агенту стосується характеристик індивідуальних агентів і включає реактивні, поведінкові та когнітивні агенти. Ці типи відрізняються своїми підходами до реагування на зміни в середовищі [2]. У типових мультиагентних системах, що використовуються для автоматизації логістичних процесів, виділяють кілька основних типів агентів відповідно до їх функціонального призначення (табл. 1).

Таблиця 1 – Типи агентів за їх функціональним призначенням

Типи агентів	Функції	Роль у системі
Агенти-координатори	Забезпечення управління загальною логікою взаємодії агентів у системі, координація розподілу завдань та ресурсів	– Розподіляють ролі між іншими агентами. – Координують хід виконання логістичних операцій. – Запобігають конфліктам між агентами (наприклад, при розподілі маршрутів чи транспортних засобів). – Часто реалізують механізми централізованого планування або делегують окремі функції.
Агенти-монітори	Спостереження за станом середовища, виявлення відхилень, генерація подій	– Збирають дані в режимі реального часу (наприклад, про стан складу, наявність товарів, завантаженість транспорту). – Інформують координаторів або аналітичні агенти про зміни. – Можуть взаємодіяти з IoT-пристроями (сенсорами, GPS-трекерами тощо).
Агенти-аналізатори (аналітики)	Обробка інформації, прогнозування, виявлення закономірностей і аномалій	– Проводять аналітику даних, наданих агентами-моніторами. – Використовують алгоритми машинного навчання або евристичні методи. – Пропонують оптимізаційні рішення (наприклад, альтернативні маршрути, графіки постачання, рівні запасів). – Можуть слугувати базою для систем підтримки прийняття рішень.
Виконавчі агенти	Безпосереднє виконання дій у фізичному або цифровому середовищі	– Запускають процеси (наприклад, відправку товару, оновлення замовлення, переміщення вантажу). – Реалізують запити, сформовані координаторами або аналізаторами. – Взаємодіють із зовнішніми системами – ERP, CRM, WMS, TMS.

Ефективне функціонування інтелектуальних агентних систем у логістичному середовищі значною мірою визначається чіткою координацією та структурованою взаємодією між різними класами агентів. Така взаємодія забезпечує не лише розподіл функцій, а й динамічну адаптацію системи до змін у зовнішньому та внутрішньому середовищі, підвищуючи рівень автоматизації управлінських рішень.

Типова схема функціональної взаємодії агентів у логістичній ІАС включає кілька послідовних етапів, що реалізуються за участі спеціалізованих агентів:

Агенти-монітори виконують роль сенсорного рівня системи. Вони здійснюють безперервний збір актуальної інформації про стан логістичних об'єктів і процесів: наявність товару на складі, розташування транспортних засобів, статус замовлень, рівень завантаженості інфраструктури тощо. Часто ці агенти функціонують у зв'язі з пристроями Інтернету речей (IoT), зокрема сенсорами, RFID-мітками, GPS-трекерами.

Агенти-аналізатори забезпечують інтерпретацію зібраної інформації. Використовуючи алгоритми обробки даних, статистичного аналізу чи машинного навчання, вони виявляють закономірності, оцінюють поточну ситуацію та генерують пропозиції щодо оптимізації логістичних процесів.

Наприклад, вони можуть прогнозувати затримки в доставці, пропонувати альтернативні маршрути або переглядати графіки відвантаження.

Агенти-координатори відповідають за прийняття рішень на основі аналітичних висновків та за управління іншими агентами системи. Вони розподіляють завдання між виконавчими агентами, узгоджують їх дії, виявляють можливі конфлікти (наприклад, конкуренцію за ресурси) і здійснюють коригування загальної стратегії відповідно до змінних умов середовища.

Виконавчі агенти реалізують практичні дії, спрямовані на досягнення поставлених цілей. Вони можуть ініціювати фізичні операції, як-от переміщення товару, завантаження транспорту, оновлення статусу замовлення в інформаційній системі або взаємодію із зовнішніми сервісами, такими як ERP, CRM, WMS або TMS.

Таким чином, багаторівнева структура взаємодії агентів створює передумови для побудови самонавчальної, адаптивної та розподіленої логістичної системи, яка здатна ефективно реагувати на зовнішні виклики, працювати в умовах невизначеності та підтримувати прийняття обґрунтованих управлінських рішень у режимі реального часу. Такий підхід відкриває нові можливості для цифрової трансформації логістики та інтеграції інтелектуальних технологій у промислову та комерційну діяльність.

Висновки

Агентна архітектура забезпечує гнучкість, масштабованість та адаптивність автоматизованих логістичних систем. Взаємодія спеціалізованих агентів – координаторів, моніторів, аналізаторів та виконавців – дає змогу ефективно управляти ресурсами, приймати рішення в реальному часі та знижувати ризики в умовах невизначеності. Такий підхід є перспективним напрямом у розвитку інтелектуальних систем підтримки управлінських рішень у логістиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Погребний В. (2024). Управління логістичними процесами у транспортній сфері. *Економіка та суспільство*. 2024. № 63. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-87>.
2. Симонов Д., Симонов Є., Заїка Б. Автоматизоване формування та управління знаннями з використанням мультиагентних систем. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (May 24, 2024; Zurich, Switzerland). 2024. С.247–252. <https://doi.org/10.36074/logos-24.05.2024.055>

Кириченко Катерина Дмитрівна – студентка групи ІІСТ-24б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Юрчук Наталія Петрівна** – канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Kyrychenko Kateryna Dmytrivna – student of group 1IST-24b, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Yurchuk Nataliia P.** – PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management and Security of Information Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.