

# Особливості Інноваційних Методів Мультиагентного Управління Комп'ютерними Мережами

Віталій Мельник

кафедра інженерії програмного забезпечення  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Івано-Франківськ, Україна  
vitalii.melnyk@nung.edu.ua

Андрій Глібчук

кафедра інженерії програмного забезпечення  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Івано-Франківськ, Україна  
andrii.hlibchuk@gmail.com

Вікторія Бандура

кафедра інженерії програмного забезпечення  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Івано-Франківськ, Україна  
viktoriia.bandura@nung.edu.ua

Олександр Іванотчак

кафедра інженерії програмного забезпечення  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Івано-Франківськ, Україна  
chaksw@gmail.com

Роман Петришин

кафедра інженерії програмного забезпечення  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Івано-Франківськ, Україна  
romeopetryshyn@gmail.com

Сергій Дмитренко

кафедра інженерії програмного забезпечення  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу  
Івано-Франківськ, Україна  
sieergi0@gmail.com

## Particular Features of Innovative Multi-Agent Computer Network Management Methods

Vitaliy Melnyk

dept. of Software Engineering  
Ivano-Frankivsk National Technical University  
of Oil and Gas  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
vitalii.melnyk@nung.edu.ua

Andrii Hlibchuk

dept. of Software Engineering  
Ivano-Frankivsk National Technical University  
of Oil and Gas  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
andrii.hlibchuk@gmail.com

Viktoriia Bandura

dept. of Software Engineering  
Ivano-Frankivsk National Technical University  
of Oil and Gas  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
viktoriia.bandura@nung.edu.ua

Oleksandr Ivanotchak

dept. of Software Engineering  
Ivano-Frankivsk National Technical University  
of Oil and Gas  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
chaksw@gmail.com

Roman Petryshyn

dept. of Software Engineering  
Ivano-Frankivsk National Technical University  
of Oil and Gas  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
romeopetryshyn@gmail.com

Serhii Dmytrenok

dept. of Software Engineering  
Ivano-Frankivsk National Technical University  
of Oil and Gas  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
sieergi0@gmail.com

**Анотація** — У дослідженні аналізуються питання застосування інноваційних методів мультиагентного управління комп'ютерними мережами зі сторони семантики та функціональної складової автономних програмних модулів, реалізація їх поширених функцій, а також аналіз переваг та недоліків їх реалізації.

**Abstract** — The research is devoted to the innovative methods of multi-agent management of computer networks application from the side of semantics and functional component of autonomous program modules, implementation of their common functions, as well as analysis of the advantages and disadvantages of their implementation

**Ключові слова** — мультиагентне управління; комп'ютерні мережі; програмний модуль; штучний інтелект; управління.

**Keywords** — multi-agent control; computer networks; program module; artificial intelligence; management.

## I. ВСТУП

Мультиагентне управління комп'ютерними мережами (МАУКМ) характеризується як область комп'ютерних наук, що досліджує використання децентралізованих агентів для управління складними мережами. В свою чергу, саме тут агенти представлені як автономні програмні модулі, що можуть сприймати своє середовище, приймати рішення та діяти відповідно до поставлених цілей. Зокрема, виявлення МАУКМ має потенціал революціонізувати управління мережею, пропонуючи ряд переваг, таких як децентралізація, самоорганізація, адаптивність, інтелектуальність тощо. це перспективна область досліджень, яка має потенціал революціонізувати управління комп'ютерними мережами. Зростаюча складність комп'ютерних мереж та збільшення кількості підключених пристроїв роблять МАУКМ все більш привабливим рішенням. Розробка та удосконалення МАУКМ може забезпечити гнучкість, масштабованість та адаптивність, які необхідні для управління сучасними мережами. Розробка нових методів та комбінація технологій для МАУКМ, такі як машинне навчання, штучний інтелект та розподілені обчислення, є досить перспективними та бажаними. Ці методи можуть допомогти покращити продуктивність, надійність та безпеку систем МАУКМ. МАУКМ може використовуватися не лише для управління комп'ютерними мережами, але й для інших складних систем, таких як енергетичні мережі, транспортні системи та розумні міста. Це може призвести до нових інновацій та покращення якості життя людей. Незважаючи на перспективні можливості, МАУКМ все ще стикається з деякими викликами, такими як складність розробки та впровадження, забезпечення безпеки та надійності, а також інтеграція з існуючими системами. Ці виклики потребують подальших досліджень та розробок. Саме тому імплементація інноваційних методів МАУКМ з усіма його перевагами є перспективним напрямом управління комп'ютерними мережами.

## II. СЕМАНТИЧНА СКЛАДОВА ІНОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ МУЛЬТИАГЕНТНОГО УПРАВЛІННЯ КОМП'ЮТЕРНИМИ МЕРЕЖАМИ

В основу МАУКМ покладено принцип роботи поняття «агентів». Поняття «агент» в контексті управління комп'ютерними мережами представлено автономною програмною одиницею, що може сприймати своє середовище, приймати рішення та діяти відповідно до своїх цілей. Агенти можуть бути простими, виконуючи лише одну конкретну функцію, або складними, поєднуючи в собі декілька функцій та взаємодіючи з іншими модулями або системами. До базових характеристик агентів можна віднести автономність, проактивність, реактивність, соціальність та інтелектуальність (використання штучного інтелекту для прийняття складних рішень). Невід'ємною складовою агентів в руслі управління комп'ютерними мережами є характеристика їх функцій, до яких відносять функцію моніторингу, аналізу, управління, відновлення, оптимізації тощо. «Агенти» – це перспективна технологія, яка має потенціал революціонізувати управління комп'ютерними мережами. З розвитком штучного інтелекту та інших технологій агенти ставатимуть все більш досконалими та здатними. Це може призвести до більш ефективного, надійного та безпечного управління мережами. Сам МАУКМ має потенціал революціонізувати управління мережею, пропонуючи ряд переваг, серед яких можна виділити децентралізацію. Тут МАУКМ розподіляє відповідальність за управління мережею між кількома агентами, що робить систему більш гнучкою та стійкою до відмов. Інша перевага у вигляді самоорганізації. Тут агенти можуть само організовуватися для вирішення проблем та досягнення спільних цілей без необхідності централізованого контролю. Перевага «адаптивність» дозволяє агентам адаптуватися до мінливих умов мережі, що робить систему більш ефективною та надійною. Ще одна перевага – інтелектуальність. У цьому випадку агенти можуть використовувати штучний інтелект для прийняття складних рішень та оптимізації роботи мережі [1].

Семантична складова та функціональний потенціал автономного програмного модуля полягає у наступному. З семантичної точки зору автономний програмний модуль (АПМ) – це програмна одиниця, яка має певний рівень самостійності та може функціонувати без постійного втручання людини. Він має власну логіку, дані та правила, що дозволяють йому виконувати завдання та приймати рішення без прямого керування ззовні. АПМ може бути простим, виконуючи лише одну конкретну функцію, або складним, поєднуючи в собі декілька функцій та взаємодіючи з іншими модулями або системами. Функціонал АПМ може варіюватися залежно від його призначення. Ось деякі з поширених функцій: збір даних (АПМ може збирати дані з різних джерел, таких як датчики, мережі або файли), опрацювання даних (АПМ може обробляти зібрані дані, щоб витягти з них корисну інформацію), прийняття рішень (АПМ може приймати

рішення на основі оброблених даних та встановлених правил), виконання дій (АПМ може виконувати дії в реальному світі, такі як керування пристроями, надсилання повідомлень або оновлення баз даних), комунікація з користувачем (АПМ може взаємодіяти з користувачами, надаючи їм інформацію або запитуючи в них дані), адаптація та навчання (АПМ може навчатися на основі досвіду та адаптуватися до мінливих умов) тощо [2].

Що стосується переваг використання АПМ, то вони поділяються на зниження навантаження на користувачів (АПМ може автоматизувати завдання, які зазвичай виконуються людьми, що звільняє час для інших завдань), покращення ефективності (АПМ може виконувати завдання швидше та точніше, ніж люди), підвищення гнучкості (АПМ можна легко модифікувати та розширювати для виконання нових завдань), зниження витрат (АПМ може допомогти знизити витрати на обслуговування та експлуатацію) [2;3].

Прикладами застосування АПМ можуть бути системи моніторингу (АПМ можуть використовуватися для моніторингу стану обладнання, мереж або навколишнього середовища), системи керування (АПМ можуть використовуватися для керування пристроями, такими як освітлення, опалення, кондиціонери тощо), системи опрацювання даних (АПМ можуть використовуватися для опрацювання великих обсягів даних, таких як фінансові транзакції, медичні записи тощо), системи штучного інтелекту (АПМ можуть використовуватися для розробки систем штучного інтелекту, які можуть навчатися та приймати рішення самостійно) тощо [4].

Існує багато інноваційних методів МАУКМ, кожен з яких має свої сильні та слабкі сторони. Деякі з найпоширеніших методів включають агентно-базовані алгоритми маршрутизації (алгоритми використовують агентів для динамічного визначення найкращих маршрутів для трафіку в мережі), мультиагентні системи моніторингу та діагностики (системи використовують агентів для моніторингу стану мережі та діагностики проблем), агентно-базовані системи безпеки (системи використовують агентів для захисту мережі від кібератак), мультиагентні системи управління ресурсами (системи використовують агентів для ефективного розподілу ресурсів у мережі) [5].

Важливо зазначити, що АПМ не є панацеєю. Їх розробка та впровадження потребують ретельного планування та аналізу. Перед використанням АПМ важливо оцінити потенційні ризики та переваги.

Узагальнена схема моделі мультиагентного управління комп'ютерними мережами (МАУКМ) представлена на рисунку 1. Складові моделі характеризуються наступними сучасними комбінованими входженнями:

Входження 1 – агенти. В свою чергу, агентів моделі мультиагентного управління комп'ютерними мережами можна розділити на мережеві агенти (відповідають за моніторинг та управління мережевими ресурсами, такими як маршрутизатори, комутатори та сервери), агенти прикладних програм (відповідають за надання послуг користувачам, таких як доступ до веб-сайтів, електронна

пошта та потокове відео), агенти координації (координують дії інших агентів для досягнення спільних цілей).

Входження 2 – взаємодія. Тут взаємодія у МАУКМ передбачає наступний склад – агенти спілкуються один з одним за допомогою протоколів агенти-агенти, протоколи можуть бути засновані на мовах опису агентів, таких як «AgentSpeak» або «Jade», агенти можуть обмінюватися даними, знаннями та цілями.

Входження 3 – прийняття рішень. Саме тут прийняття рішень у МАУКМ відображає: агентів, що використовують різні методи прийняття рішень, а саме логіку, навчання, евристику тощо, рішення, що ґрунтуються на інформації, яку агенти отримують від себе та інших агентів та агентів, що можуть адаптувати свої рішення до умов мережі, що постійно змінюються.

Входження 4 – цілі МАУКМ. Цілі МАУКМ передбачають оптимізацію роботи комп'ютерної мережі, покращення продуктивності, надійності, безпеки, а також використання для надання нових послуг користувачам.

Входження 5 – переваги реалізації МАУКМ. Серед переваг можна виділити децентралізацію (МАУКМ розподіляє відповідальність за управління мережею між кількома агентами, що робить систему більш гнучкою та стійкою до відмов), самоорганізацію (агенти можуть самоорганізуватися для вирішення проблем та досягнення спільних цілей без необхідності централізованого контролю), адаптивність (агенти можуть адаптуватися до мінливих умов мережі, що робить систему більш ефективною та надійною) та інтелектуальність: (агенти можуть використовувати штучний інтелект для прийняття складних рішень та оптимізації роботи мережі).

Входження 6 – імплементація. Тут МАУКМ слід використовувати у різних типах комп'ютерних мереж, таких як локальні мережі (LAN), широкомасштабні мережі (WAN) та мобільні мережі, а також МАУКМ слід використовувати для вирішення різноаспектних задач, а саме маршрутизація, моніторинг, безпека, управління ресурсами тощо [6].

Таким чином, проєктована спрощена модель мультиагентного управління комп'ютерними мережами чітко розмежована за проаналізованими входженнями, що можуть бути інтегровані та видозмінені у більш складніші системи управління.

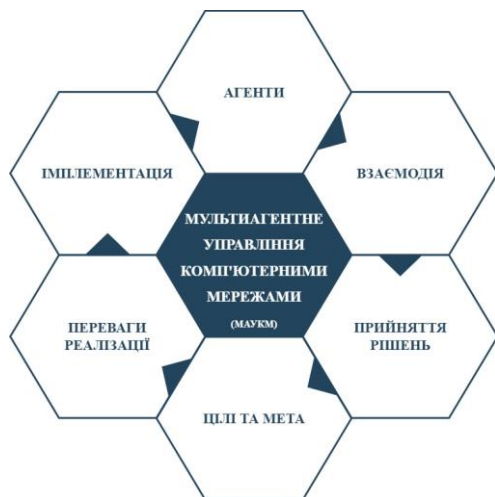


Рис.1 Узагальнена схема моделі мультиагентного управління комп'ютерними мережами (МАУКМ)

В запропонованій моделі мультиагентного управління можна передбачити способи її модифікації за допомогою інноваційних методів розробки. Одним з них може бути використання методів машинного навчання. В цьому випадку агенти можуть бути навчені на основі даних мережі, щоб покращити їх прийняття рішень та адаптацію до мінливих умов, де алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для автоматичного виявлення проблем та оптимізації роботи самої мережі. Також слід передбачити можливість інтеграції методів генеративного штучного інтелекту. Тут агенти можуть бути оснащені можливостями розсудливого міркування та планування, щоб приймати більш складні рішення та можливістю застосовуватись для автоматизації завдань управління мережею, таких як маршрутизація та балансування навантаження. Не слід забувати і про використання методів розподілених обчислень. В цьому випадку агенти можуть розподіляти завдання та ресурси між собою, щоб покращити масштабованість та продуктивність системи, де розподілені алгоритми можуть використовуватися для синхронізації та координації дій агентів.

Важливим аспектом є також інтеграція методів агенто-орієнтованого програмування. Тут можна використовувати платформи та інструменти агенто-орієнтованого програмування (АОП) для спрощення розробки та розгортання агентів, що дозволить допомогти забезпечити сумісність та взаємодію агентів.

Використання методів моделювання та симуляції має місце в цьому випадку також. Використання моделі та симуляції для оцінки та вдосконалення проектів МАУКМ перед їх розгортанням у реальних мережах дозволить більш точно змоделювати поточні ситуації та допомогти виявити потенційні проблеми та оптимізувати параметри системи.

Імплементация методів взаємодії за принципом «людина-комп'ютер» є також перспективним методом мультиагентного управління комп'ютерними мережами. В цьому випадку можна розробити інтерфейси людина-комп'ютер (ІЛК), що дозволять користувачам взаємодіяти

з агентами та системою МАУКМ. ІЛК може допомогти зробити систему більш прозорою та зручною для користувачів. Ще одним важливим кроком є застосування методів відкритого коду. Використання платформ та інструментів з відкритим кодом може допомогти знизити вартість розробки та розгортання систем МАУКМ, адже відкритий код може сприяти спільноті розробників та дослідників, які працюють над МАУКМ [7].

Слід зазначити, що це лише деякі з багатьох інноваційних методів, що можуть бути використані для модифікації моделі МАУКМ. Вибір найкращих методів буде залежати від конкретних вимог та цілей системи. Використання цих методів може допомогти зробити системи МАУКМ більш ефективними, надійними, безпечними та зручними для користувачів.

### III. ВИСНОВКИ

Аналіз методів розробки моделі мультиагентного управління комп'ютерними мережами є досить складною процедурою, що ставить на меті проектування та розробку складних агентів, які можуть ефективно спілкуватися та співпрацювати, реалізовувати безпеку та надійність самої системи, а також передбачати можливість інтеграції самої моделі з існуючими мережевими системами у більш складніші з додатковими компонентами та функціональними можливостями. МАУКМ – це активна область досліджень, постійно розробляються нові методи та технології, удосконалюються засоби та методики. МАУКМ має потенціал революціонізувати управління комп'ютерними мережами, пропонуючи ряд переваг, де основний наголос кладеться на децентралізацію, самоорганізацію, адаптивність та інтелектуальність.

### ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] A. Dorri, S. S. Kanhere and R. Jurdak, "Multi-Agent Systems: A Survey," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 28573-28593, 2018, doi: 10.1109. Accessed on: May 03, 2024.
- [2] R. Olfati-Saber, J. A. Fax and R. M. Murray, "Consensus and Cooperation in Networked Multi-Agent Systems," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 95, no. 1, pp. 215-233, Jan. 2007, doi: 10.1109/JPROC.2006.887293. Accessed on: May 03, 2024.
- [3] M. Pipattanasomporn, H. Feroze and S. Rahman, "Multi-agent systems in a distributed smart grid: Design and implementation," 2009 IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition, Seattle, WA, USA, 2009, pp. 1-8, doi: 10.1109/PSCE.2009.4840087. Accessed on: May 03, 2024.
- [4] L. Song, X. Hu, G. Zhang, P. Spachos, K. N. Plataniotis and H. Wu, "Networking Systems of AI: On the Convergence of Computing and Communications," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 9, no. 20, pp. 20352-20381, 15 Oct. 15, 2022, doi: 10.1109/IJOT.2022.3172270. Accessed on: May 03, 2024.
- [5] H. Afifi et al., "Machine Learning With Computer Networks: Techniques, Datasets, and Models," in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 54673-54720, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3384460. Accessed on: May 03, 2024.
- [6] F. Uwano, "A Cooperative Learning Method for Multi-Agent System with Different Input Resolutions," 2021 4th International Symposium on Agents, Multi-Agent Systems and Robotics (ISAMSR), Batu Pahat, Malaysia, 2021, pp. 84-90, doi: 10.1109/ISAMSR53229.2021.9567835. Accessed on: May 03, 2024.
- [7] S. T. Arzo, R. Bassoli, F. Granelli and F. H. P. Fitzek, "Multi-Agent Based Autonomic Network Management Architecture," in *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 18, no. 3, pp. 3595-3618, Sept. 2021, doi: 10.1109/TNSM.2021.3059752. Accessed on: May 03, 2024.