

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента – кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри систем та технологій кібербезпеки Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій Власенка Вадима Олександровича на дисертаційну роботу Бученка Ігоря Анатолійовича на тему: «Модель та метод адаптивного управління периферійними комп'ютерними мережами на основі теорії ігор», подану на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Актуальність обраної теми.

Функціонування сучасних інформаційно-телекомунікаційних систем дедалі більше залежить від ефективності розподіленої обробки даних, що обумовлено стрімким розвитком Інтернету речей, кіберфізичних систем, автономного транспорту, промислового Інтернету речей та мереж зв'язку нового покоління. У таких умовах традиційні централізовані архітектури управління комп'ютерними мережами не завжди забезпечують необхідний рівень продуктивності, масштабованості та якості обслуговування.

Особливого значення набувають периферійні обчислення (Edge Computing), які дозволяють наблизити обчислювальні ресурси до джерел генерації даних та забезпечити оперативне прийняття рішень у режимі реального часу. Водночас ефективне функціонування периферійних мереж потребує розроблення нових адаптивних методів управління ресурсами, здатних враховувати динамічний характер навантаження, обмеженість ресурсів вузлів та необхідність мінімізації затримок передачі даних.

Застосування математичного апарату теорії ігор у поєднанні з сучасними методами машинного навчання відкриває нові можливості для побудови децентралізованих механізмів управління комп'ютерними мережами. Саме тому дисертаційна робота Бученка І.А., присвячена розробленню моделі та методу адаптивного управління периферійними комп'ютерними мережами на основі теорії ігор, є безперечно актуальною та має важливе значення для розвитку сучасної комп'ютерної інженерії.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації.

Автором проведено ґрунтовний аналіз сучасного стану розвитку периферійних комп'ютерних мереж та існуючих підходів до управління їхніми ресурсами. Теоретичні положення роботи базуються на використанні математичного апарату теорії ігор, методів оптимізації, теорії графів, теорії масового обслуговування та багатоагентного навчання з підкріпленням.

Отримані результати підтверджуються математичними моделями, аналітичними дослідженнями та результатами імітаційного моделювання. Для оцінювання ефективності запропонованих рішень використано репрезентативні сценарії функціонування периферійних мереж, що забезпечує достовірність отриманих результатів.

Використання сучасних програмних засобів моделювання та багатоагентних алгоритмів навчання з підкріпленням дозволило забезпечити високий рівень достовірності результатів та підтвердити практичну ефективність запропонованих моделей і методів.

Оцінка новизни наукових результатів дисертаційного дослідження
Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у наступному:

1. Вперше розроблено метод адаптивного децентралізованого управління просторово-розподіленими ресурсами периферійної комп'ютерної мережі, який за рахунок синтезу апарату теорії ігор із багато агентним алгоритмом глибокого навчання зіпідкріпленням типу MADDPG, застосування архітектурної парадигми «централізоване навчання – децентралізоване виконання» (CTDE), використання локальних спостережень вузлів для прийняття рішень щодо міграції завдань (TaskOffloading) та апроксимації багатокритеріальної функції оптимізації у вигляді потенціальної гри, дозволило забезпечити високоточну адаптивну оптимізацію розподілу обчислювальних ресурсів у режимі реального часу, суттєво знизити обсяг службового сигнального трафіку та забезпечити швидку збіжність системи до стійкого оптимуму.

2. Вперше запропоновано багатокритеріальну ієрархічну модель адаптивного управління ресурсами периферійної мережі, яка за рахунок використання динамічної гри Штакельберга для вертикального балансування навантаження між IoT-пристроями та Edge-серверами, застосування кооперативної коаліційної гри з використанням вектора Шеплі для горизонтального співробітництва між серверами, формування інтегрального критерію ефективності з урахуванням енергоспоживання, затримок передавання та завантаження каналів зв'язку, дозволило здійснювати контекстно-залежну адаптацію периферійної мережевої інфраструктури, усунути локальну монополізацію радіочастотного спектра та забезпечити досягнення глобальної стабільної рівноваги Неша.

3. Удосконалено математичну модель функції корисності автономного обчислювального вузла периферійної комп'ютерної мережі, яка за рахунок формування інтегрального критерію витрат, що поєднує стохастичну динаміку енергоспоживання процесорних структур із застосуванням технології динамічного масштабування частоти та напруги (DVFS), параметри системних затримок у буферних чергах і бездротових каналах передавання даних, введення вагових коефіцієнтів для балансування пріоритетів між енергозбереженням та швидкістю обробки, а також доведення строгої увігнутості цільової функції, дозволило здійснювати комплексну багатокритеріальну оцінку ефективності вузлів, уникнути парадоксів некооперативної поведінки та забезпечити суттєве зниження енергоспоживання мобільних пристроїв і скорочення середньої системної затримки.

Практична цінність отриманих результатів.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у створенні комплексу моделей і методів адаптивного управління периферійними комп'ютерними мережами, які можуть бути використані для підвищення ефективності функціонування сучасних інформаційно-телекомунікаційних систем.

Розроблені методи забезпечують істотне покращення показників функціонування мережі. Результати експериментальних досліджень показали можливість зменшення системних затримок на 68,5 % та скорочення енергоспоживання кінцевих пристроїв на 67 %.

Практичне використання результатів можливе у системах критичної інфраструктури, мережах Інтернету речей, промислових мережах нового покоління, системах Smart Grid, автономних транспортних комплексах та телекомунікаційних мережах 5G/6G.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження виконано в межах наукових напрямів Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій та безпосередньо пов'язано з виконанням науково-дослідних робіт:

«Розробка моделі оптимізації транспортної мережі за допомогою нейромережевого аналізу» (№ ДР 0124U001868);

«Підвищення стійкості зображень до спотворень від кібератак стенографічного характеру методом умовної деконволюції» (№ ДР 0124U001607);

«Комплексна розробка прикладних ІТ-рішень для підвищення продуктивності комп'ютерних систем у комерційному та соціальному секторі» (№ ДР 0125U003178).

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях.

Основні результати дисертаційної роботи висвітлені у достатній кількості наукових праць.

За темою дисертації опубліковано 24 наукові праці, серед яких:

7 статей у фахових наукових виданнях України;

17 публікацій апробаційного характеру у матеріалах міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій.

Основні результати дослідження пройшли належну апробацію та повною мірою відображені у публікаціях автора.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Дисертація та анотація оформлені відповідно до чинних нормативних вимог України щодо підготовки дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Робота має логічну структуру, складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Матеріал викладено послідовно, аргументовано та на належному науковому рівні.

Дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44 щодо підготовки кваліфікаційних наукових праць.

Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження.

Високо оцінюючи загальний науковий рівень дисертаційної роботи Бученка І.А., необхідно зробити такі зауваження:

1. У роботі недостатньо детально розглянуто вплив параметрів навчання алгоритму MADDPG на швидкість збіжності та стабільність роботи системи управління.
2. Доцільно було б провести додаткове порівняння запропонованого підходу з сучасними алгоритмами багатоагентного навчання з підкріпленням, такими як MAPPO або QMIX.
3. Основні результати отримані засобами імітаційного моделювання. Було б корисно представити результати апробації на фізичному тестовому стенді периферійних обчислень.
4. Недостатньо уваги приділено питанням кібербезпеки механізмів децентралізованого управління в умовах потенційних атак на мережеву інфраструктуру.
5. У роботі доцільно було б більш детально розглянути питання масштабування запропонованого методу для мереж Інтернету речей із великою кількістю вузлів.

Висновок Дисертаційна робота Бученка Ігоря Анатолійовича на тему «Модель та метод адаптивного управління периферійними комп'ютерними мережами на основі теорії ігор» є самостійною завершеною науковою працею, в якій вирішено важливе науково-прикладне завдання підвищення ефективності функціонування периферійних комп'ютерних мереж шляхом розроблення моделі та методу адаптивного децентралізованого управління ресурсами.

За актуальністю, обсягом виконаних досліджень, науковою новизною, практичною цінністю та рівнем отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія та пунктам 6–9 Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44.

Здобувач Бученко Ігор Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Рецензент

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри систем та технологій кібербезпеки
Державного університету
інформаційно-комунікаційних технологій

Вадим ВЛАСЕНКО

Підпис

ЗАСВІДЧУЮ

Учений секретар
Державного університету
інформаційно-комунікаційних технологій

