

Голові разової спеціалізованої
вченої ради
Державного університету
інформаційно-комунікаційних
технологій
доктору технічних наук, професору
Нестеренко Катерині Сергіївні
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7

ВІДГУК

офіційного опонента – кандидата технічних наук, доцента, декана факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Державного університету «Житомирська політехніка» Нікітчук Тетяни Миколаївни 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 з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Актуальність теми дисертації.

Стрімкий розвиток цифрової економіки, технологій Інтернету речей, промислового Інтернету речей, систем автономного керування та мереж зв'язку нового покоління формує нові вимоги до інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури. Одним із ключових напрямів розвитку сучасних комп'ютерних мереж є впровадження технології периферійних обчислень (Edge Computing), яка забезпечує обробку даних безпосередньо поблизу джерел їх виникнення.

Разом із тим функціонування периферійних мереж супроводжується низкою складних проблем, пов'язаних із розподілом обчислювальних ресурсів, балансуванням навантаження, мінімізацією затримок передачі даних та забезпеченням енергоефективності мобільних пристроїв. Традиційні централізовані методи управління дедалі частіше виявляються недостатньо ефективними в умовах високої динамічності та гетерогенності сучасних мережевих середовищ.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання математичного апарату теорії ігор та сучасних методів штучного інтелекту для створення адаптивних механізмів децентралізованого управління мережевими ресурсами.

Тому тема дисертаційної роботи Бученка І.А. є актуальною, відповідає сучасним тенденціям розвитку комп'ютерної інженерії та спрямована на

розв'язання важливого науково-прикладного завдання підвищення ефективності функціонування периферійних комп'ютерних мереж.

Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень.

Наукові положення, висновки та рекомендації, наведені у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та достовірними.

Автором використано сучасні методи математичного моделювання, теорії ігор, теорії графів, теорії масового обслуговування, багатоагентного навчання з підкріпленням, методи аналізу складних систем та імітаційного моделювання.

Достовірність результатів підтверджується математичними доведеннями, експериментальними дослідженнями та результатами програмного моделювання функціонування периферійних комп'ютерних мереж. Практичні результати узгоджуються з теоретичними висновками, що свідчить про коректність розроблених моделей та методів.

Оцінка новизни наукових результатів дисертаційного дослідження.

У дисертаційній роботі одержані такі нові наукові результати:

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.

Отримані результати є науково обґрунтованими, новими та мають важливе значення для розвитку теорії управління комп'ютерними мережами.

Практична цінність отриманих результатів.

Практична значущість роботи полягає у створенні програмного середовища імітаційного моделювання та розробленні інструментарію адаптивного управління периферійними комп'ютерними мережами.

Проведені експериментальні дослідження показали, що застосування розроблених моделей і методів дозволяє знизити середню системну затримку на 68,5 % та скоротити сукупне енергоспоживання кінцевих пристроїв на 67%, що є вагомим результатом для систем реального часу.

Практичне використання результатів можливе при створенні систем критичної інфраструктури, розумних електромереж, промислових мереж наступного покоління, автономних транспортних систем та мереж 5G/6G.

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

Дисертаційна робота виконана відповідно до наукової тематики кафедри комп'ютерної інженерії Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій у рамках НДР:

«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 дисертаційного дослідження достатньо повно висвітлені у наукових публікаціях автора.

За темою дисертації опубліковано:

6 статей у фахових наукових виданнях України;

17 матеріалів та тез доповідей міжнародних і всеукраїнських наукових конференцій;

Результати дисертаційної роботи пройшли широку апробацію на міжнародних та всеукраїнських наукових заходах і повною мірою відображені в опублікованих працях.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Дисертаційна робота має логічну структуру, складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

Матеріал викладено послідовно та аргументовано. Робота містить достатній рівень теоретичних досліджень, математичних обґрунтувань та результатів експериментального моделювання.

Оформлення дисертації відповідає встановленим вимогам до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії.

Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження.

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу в цілому, слід висловити окремі зауваження:

1. У роботі недостатньо детально досліджено вплив параметрів навчання багатоагентного алгоритму MADDPG на швидкість досягнення рівноважного стану системи.

2. Для більш повної оцінки ефективності запропонованого підходу доцільно було б провести порівняння із сучасними алгоритмами багатоагентного навчання з підкріпленням, зокрема MAPPO та QMIX.

3. Основні результати перевірені засобами імітаційного моделювання, проте перспективним є проведення експериментальної апробації на фізичному стенді периферійних обчислень.

4. Потребує подальших досліджень питання забезпечення кіберстійкості та захисту від атак на механізми децентралізованого управління мережею.

5. У роботі недостатньо розглянуто питання масштабованості запропонованого підходу для надвеликих мереж Інтернету речей із десятками тисяч пристроїв.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та мають рекомендаційний характер.

Висновок.

Дисертаційна робота Бученка Ігоря Анатолійовича на тему «Модель та метод адаптивного управління периферійними комп'ютерними мережами на основі теорії ігор» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності функціонування периферійних комп'ютерних мереж шляхом розроблення моделі та методу адаптивного децентралізованого управління ресурсами на основі теорії ігор та багатоагентного навчання з підкріпленням.

За актуальністю, науковою новизною, теоретичним і практичним значенням отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року, а її автор – Бученко Ігор Анатолійович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент
кандидат технічних наук, доцент,
декан факультету
інформаційно-комп'ютерних технологій
Державного університету
«Житомирська політехніка»



Тетяна НІКІТЧУК

Підпис Нікітчук Т.М. з а с в і д ч у ю:

Учений секретар
Державного університету «Житомирська політехніка»

