

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента

кандидата технічних наук, доцента,

завідувача кафедри комп'ютерної інженерії

ІНІ інформаційних технологій

Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

Лашевської Наталії Олександрівни

на дисертаційну роботу **Коваленка Данила Сергійовича** на тему
«Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики із
застосуванням глибокого навчання», подану на здобуття наукового
ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Актуальність теми

Дисертаційне дослідження Коваленка Данила Сергійовича присвячено вирішенню актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності логістичних процесів у системах типу C2C шляхом створення моделі прогнозування попиту, методу адаптивної маршрутизації та алгоритму адаптивного управління маршрутами доставки.

За умов стрімкого зростання електронної комерції, урбанізації та розвитку моделей спільного споживання, логістика формату «споживач-споживач» відіграє дедалі важливішу роль. Її функціонування супроводжується високою динамікою попиту, складністю координації децентралізованих учасників і потребою в прийнятті рішень у режимі реального часу. Традиційні методи маршрутизації не враховують ці особливості й не забезпечують належного рівня адаптивності.

Використання підходів підкріплювального навчання та прогнозної аналітики дозволяє створювати інтелектуальні системи, здатні до самонавчання та гнучкого реагування на зміни в логістичному середовищі.

Розробка таких моделей, методів, алгоритмів та їхнє впровадження в міську доставку створює підґрунтя для значного покращення ефективності, зниження витрат і підвищення якості логістичного сервісу.

Таким чином, тема дисертаційного дослідження є своєчасною, відповідає сучасним технологічним викликам і має як наукове, так і практичне значення.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується коректною постановкою завдань дослідження, аналізом широкого спектру науково-технічної літератури за темою дисертації, повнотою розгляду на теоретичному та експериментальному рівнях об'єкта дослідження, обґрунтованим дослідженням та використанням методів для вирішення визначених завдань, зокрема: Марковський процес прийняття рішень; метод функціональної регресії; теорія стохастичної апроксимації; методи динамічного програмування, методи теорії розподілених систем; методи теорії планування експериментів для вибору числа та умов проведення дослідів.

Оцінка новизни наукових результатів дослідження

В результаті наукових досліджень Коваленком Д. С. отримані наступні нові наукові результати:

1. Вперше розроблено модель прогнозування попиту та розподілу логістичних завдань, яка за рахунок використання за методу функціональної регресії для прогнозування локалізованих піків попиту та теорії стохастичної апроксимації для динамічного вибору оптимальних рішень, забезпечує адаптивний механізм розподілу задач між виконавцями на основі прогнозованих параметрів.

2. Вперше розроблено метод адаптивної маршрутизації для систем

доставки типу C2C, що ґрунтується на розробленій моделі прогнозування попиту та механізмі стохастичного прийняття рішень у динамічному середовищі, та дозволяє приймати оптимальні рішення щодо виконання доставок, адаптуючись до змін у середовищі, конкуренції між агентами та з урахуванням обмежених ресурсів.

3. Вперше розроблено алгоритм адаптивної корекції маршруту, що ґрунтується на розробленому методі адаптивної маршрутизації та за рахунок використання розширеної функції винагороди та жадібної евристики з підкріплювальним навчанням для Марковського процесу прийняття рішень, забезпечує динамічне оновлення оптимального маршруту доставки згідно актуальної логістичної ситуації, що знизить критичні показники часу та вартості доставки.

Здобуті в дисертації наукові результати не лише акцентують увагу на потребі вдосконалення механізмів маршрутизації у динамічних системах C2C логістики, а й забезпечують суттєвий внесок у розвиток інтелектуальних методів управління логістичними процесами. Запропоновані модель прогнозування попиту, метод адаптивної маршрутизації та алгоритм адаптивної корекції маршруту на основі глибокого навчання формують нове бачення організації міських логістичних систем, підвищуючи їхню адаптивність, ефективність і стійкість до змін середовища. Отримані результати розширюють теоретичну базу досліджень у галузі логістики та штучного інтелекту, а також мають високий потенціал для впровадження у практичні рішення з доставки останньої милі.

Практична цінність отриманих результатів

Застосування розробленої моделі прогнозування попиту обмеженого часу дає можливість виконувати розподіл логістичних завдань між великою кількістю виконавців. Модель дозволяє швидко розподілити виконавців в межах однієї або декількох логістичних зон згідно прогнозованого попиту.

Практично корисною властивістю програмно-апаратного комплексу на

основі розробленого методу адаптивної маршрутизації є його висока адаптивність до змінних параметрів операційного середовища та логістичного стану системи, що забезпечує ефективне та оперативне управління процесами маршрутизації.

Програмне забезпечення, що реалізує алгоритм адаптивної корекції маршрутів, має потенціал до універсального застосування, зокрема в задачах, які вимагають динамічного оновлення маршрутної інформації в режимі реального часу, поза межами логістичних сценаріїв.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в освітній процес Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, в Інституті програмних систем НАН України та у виробничих процесах ТОВ «УКР-ОН».

В результаті експериментальних досліджень в реальних умовах зафіксовано зниження середніх витрат на доставку на рівні 15–25% та скорочення часу виконання замовлень на 20–22% у порівнянні з традиційними алгоритмами маршрутизації.

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях

Основні результати за темою дисертаційного дослідження опубліковані в 11 наукових публікаціях. Зокрема, чотири публікації у фахових виданнях України категорії Б за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія, затверджених МОН України, та сім публікацій за матеріалами наукових конференцій, серед яких одна публікація проіндексована в науко-метричній базі SCOPUS.

Аналіз публікацій дозволяє зробити висновок про повноту викладення здобутих наукових результатів у зазначених публікаціях. Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. Вимоги МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії виконано.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана відповідно до планів наукової і науково-технічної діяльності Державного університету інформаційно-комунікаційних, а саме, «Контроль та прогнозування перевантажень в комп'ютерних мережах» та «Реінжинірінг ІТ рішень для оптимізації виробничих процесів підприємства».

Відповідність академічній доброчесності

Здобувач наукового ступеня доктора філософії Коваленко Д.С. провів ґрунтовний аналіз попередніх наукових досліджень, коректно використовуючи їх як науковий базис для власного дослідження. У тексті роботи та в списку літератури наведено точні посилання на джерела, які були використані. Усі наукові праці здобувача доступні для пошуку за допомогою сучасних пошукових систем і представлені у відомих наукових базах даних. Під час вивчення дисертаційної роботи жодних порушень академічної доброчесності не виявлено.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення

Дисертаційна робота Коваленко Д.С. представлена рукописом на 162 сторінках та складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел та додатків. У дисертації представлено список праць здобувача, опублікованих за темою дисертації, та акти про впровадження результатів роботи. Аналіз змісту дисертаційної роботи показав, що сформульовані мета, завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження відповідають темі дисертаційної роботи та розкривають основні напрями досліджень, проведених автором.

У вступі визначено обґрунтування актуальності теми дисертації, її зв'язок із науковими програмами, планами і темами, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт та предмет дослідження, вказано

наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, охарактеризовано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації автора. У першому розділі автором проведено аналіз підходів до побудови систем маршрутизації. У другому розділі представлено розроблену математичну модель адаптивної маршрутизації для С2С логістики. У третьому розділі представлено метод адаптивної маршрутизації та алгоритм адаптивної корекції маршруту для С2С логістики. Четвертий розділ присвячений оцінці ефективності розроблених методу адаптивної маршрутизації, алгоритму адаптивної корекції маршруту для С2С логістики та їх програмній реалізації.

Дисертація Коваленко Д.С. є завершеною науковою працею. Дисертація написана державною мовою, відповідає спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» і оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Недоліки та зауваження

1. У роботі не розглянуто питання чутливості розробленого алгоритму до якості навчальних даних, зокрема відсутній аналіз впливу неповних або зашумлених даних на ефективність функціонування системи.

2. Незважаючи на формальну побудову моделей, не подано глибокого теоретичного аналізу збіжності чи складності запропонованих алгоритмів, що було б важливим для підтвердження їхньої надійності у великих масштабах.

3. Доцільно було б подати стислий опис кейсів розгортання системи в реальному місті або на базі логістичної компанії з описом параметрів експерименту.

4. Попри високу якість технічної реалізації програмного забезпечення, у роботі обмежено висвітлено аспекти кібербезпеки та захисту даних при роботі алгоритмів у розподіленому середовищі. Урахування цих факторів є

важливим елементом при масштабуванні рішень для застосування в промислових логістичних платформах.

Вказані недоліки не знижують наукової цінності та практичного значення одержаних в дисертаційній роботі наукових результатів і, внаслідок цього, її позитивну оцінку в цілому.

Висновок

Дисертаційна робота Коваленка Данила Сергійовича є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають як теоретичну, так і практичну цінність. У сукупності результати становлять вагомий внесок у вирішення актуального наукового завдання, пов'язаного з розробкою моделей прогнозування попиту та алгоритмів адаптивної маршрутизації для систем C2C логістики. Запропоновані підходи дозволяють підвищити ефективність логістичних процесів в умовах динамічного міського середовища та невизначеного попиту.

Робота виконана здобувачем самостійно у вигляді підготовленого рукопису, який засвідчує особистий внесок автора у розвиток методології інтелектуального управління маршрутами доставки. Представлені результати спрямовані на вдосконалення механізмів адаптивного прийняття рішень, інтеграцію алгоритмів підкріплювального навчання у логістичні системи та покращення показників якості доставки у C2C сегменті.

Розглянута дисертаційна робота Коваленка Данила Сергійовича на тему «Моделі та алгоритми адаптивної маршрутизації для C2C логістики із застосуванням глибокого навчання» відповідає вимогам, що ставляться до дисертаційних робіт здобувача наукового ступеня доктора філософії та відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені п. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою

Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Зважаючи на вищевказане, вважаю, що Коваленко Данило Сергійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Рецензент

завідувач кафедри комп'ютерної інженерії

ННІ інформаційних технологій

Державного університету

інформаційно-комунікаційних технологій,

кандидат технічних наук, доцент

18. 07. 2025

Наталія ЛАЩЕВСЬКА

Підпис М. Лашчівської

ЗАСВІДЧУЮ

Учений секретар

Державного університету

інформаційно-комунікаційних технологій

