

РЕЦЕНЗІЯ

завідувача кафедри міжнародних перевезень та митного контролю,
доктора технічних наук, професора Прокудіна Георгія Семеновича
на дисертаційну роботу Івохіної Катерини Євгеніївни
на тему «Інтелектуальні методи та моделі в задачах оптимізації транспортних та
мережевих потоків з урахуванням нечіткого відліку часу»,
яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії у галузі 12 «Інформаційні
технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

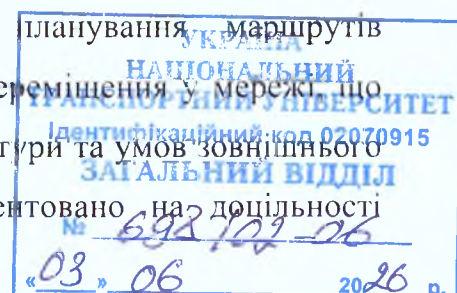
Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота Івохіної Катерини Євгеніївни вирізняється високим рівнем актуальності та відповідає сучасним вимогам цифрової трансформації у сфері управління мережевими та транспортними потоками. В умовах інтенсивного впровадження засобів інформатизації для забезпечення функціонування процесів, зв'язаних з актуалізацією потоків даних, зростає потреба у новітніх підходах до збору, обробки, передачі та аналізу інформації. Складна структура взаємодії між постачальниками та споживачами формує запит на ефективні методи та інформаційні технологічні рішення, здатні забезпечити розв'язання різних оптимізаційних задач та підтримати прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності.

Залучення математичних методів та підходів для розв'язування задач оптимізації транспортних і мережевих потоків набуває широкого впровадження, конкретний зміст якого залежить від характеру проблеми та наявних даних. Іноді вдається знайти нетипові методики розв'язання відомих задач, однією з яких є задача комівояжера. Іншою важливою для вирішення та практичного впровадження є проблема розподілу обмежених потужностей каналів передачі даних між різними вузлами мережі Інтернет.

Автор обгрунтовано доводить необхідність створення нових методів і моделей для опису й аналізу задач оптимального планування маршрутів та розподілу ресурсів на основі використання математичних методів та інформаційних технологій.

Однією з провідних складових дослідження є розробка та реалізація методів та алгоритмів, що дозволяють здійснювати оптимальне планування маршрутів комівояжера з урахуванням нечіткого подання тривалості переміщення у мережі, що може враховувати обмеження щодо транспортної інфраструктури та умов зовнішнього середовища. В обгрунтуванні ефективності підходу акцентовано на доцільності



використання інструментів математичної оптимізації в умовах невизначеності на основі спеціальної формалізації, яка сприяє вирішенню задач прийняття управлінських рішень.

Для проведення чисельних розрахунків на основі запропонованих технологій використано різні прикладні та академічні моделі оптимізаційних задач, що дозволило провести перевірку ефективності отриманих розв'язків. Розроблено підхід до застосування процедур машинного навчання при використанні інтелектуальних технологій для вирішення задач транспортної та інформаційної маршрутизації. Отримані в роботі результати підтверджують важливість і ефективність досліджень в галузі прикладного використання конструктивних моделей та методів в задачах оптимізації транспортних та мережевих потоків в умовах об'єктивної та суб'єктивної невизначеності. Результати дослідження мають практичну спрямованість, можуть бути використані для забезпечення ефективного розв'язання задач обробки даних транспортних та мережевих потоків.

Дисертацію виконано у межах науково-дослідних тем кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету відповідно до планів наукової діяльності, зокрема в рамках теми «Системні дослідження та інформаційні технології у транспортній галузі, телекомунікаціях, промисловості та бізнесі» (2025 р.), державний реєстраційний номер 0124U003679.

У роботі представлено результати дослідження, спрямовані на формалізацію, розв'язання та програмну реалізацію математичних методів та сучасних інформаційних технологій для оптимізації планування маршрутів та розподілу ресурсів в системах актуалізації потоків даних з урахуванням умов невизначеності.

Слід підкреслити, що отримані наукові результати сприятимуть подальшому розвитку математичних методів та інформаційних технологій для розв'язання задач планування транспортних та мережевих потоків, а також мають значний потенціал для практичного застосування в системах транспортного й інфраструктурного управління.

Наукова новизна і практичне значення отриманих результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи Івохіної Катерини Євгеніївни полягає у покращенні організації та ефективності логістичних процесів на прикладі розв'язування задачі комівояжера та для вдосконалення процесів розподілу каналів передачі даних в інформаційно-комунікаційних мережах.

У рамках дослідження *вперше*:

- в рамках задач маршрутизації на транспортних мережах сформульовано підхід до урахування нечітко визначеної тривалості переміщень, що задаються трикутними нечіткими числами.

Удосконалено:

- удосконалено модель ефективного розподілу обсягів передачі даних у комунікаційних каналах інформаційних мереж з урахуванням нечітко визначених потреб кінцевих споживачів;
- удосконалено методи розв'язання нечітких задач комівояжера та розподілу потоків у мережі шляхом адаптації класичних та евристичних алгоритмів до умов нечіткої невизначеності та їх поєднання з елементами інтелектуальних технологій пошуку та обробки даних з інформаційних джерел;
- схему застосування методу динамічного програмування для задачі комівояжера на основі потокового алгоритму Орліна в умовах нечітко заданих параметрів.

Отримало подальший розвиток:

- застосування методу імітації відпалу для розв'язання нечітких оптимізаційних задач маршрутизації, що передбачає врахування нечітких оцінок параметрів та процедур їх дефазифікації;
- методи машинного навчання для розпізнавання сутностей контенту при аналізі інформаційних новинних ресурсів при формуванні вхідних параметрів оптимізаційних моделей.

Практична значимість отриманих результатів полягає в можливості практичного впровадження отриманих в дисертаційній роботі результатів для покращення ефективності логістичних процесів на прикладі розв'язування задачі комівояжера та для вдосконалення процесів розподілу каналів передачі даних в інформаційно-комунікаційних мережах. Результати дисертаційного дослідження використовувались у навчальному процесі на факультеті транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету при підготовці різних лекційних курсів.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, та достовірність отриманих у роботі результатів підтверджується обґрунтованим вибором математичних моделей та методів для розв'язування проблем транспортної та мережевої маршрутизації, які можна вирішити на основі задач комівояжера та оптимізації потоків з урахуванням нечіткості вхідних параметрів; розробленням і

практичним застосуванням нових моделей для розв'язання оптимізаційних задач в умовах невизначеності, проведенням детального аналізу та оптимізації методів обробки даних, отриманих при моделювання потокових процесів на мережі; перевіркою ефективності запропонованих рішень у реальних умовах, зокрема під час моделювання маршрутів руху комівояжера, планування обсягів розподілу каналів передачі даних та оцінювання ефективності логістичних, транспортних та мережевих конфігурацій.

Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи

За результатами дисертаційного дослідження підготовлено 19 наукових праць, в тому числі 1 статті у міжнародних виданнях, 6 статей у фахових наукових виданнях, 2 статті у виданні, яке входить до наукометричної бази даних WoS.

Наукові положення та новизна дисертації були презентовані та обговорені на 12 наукових заходах всеукраїнського й міжнародного рівня, що засвідчено відповідними публікаціями тез.

Відсутність порушення академічної доброчесності

Дисертаційна робота Івохіної К.Є. була перевірена за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com з метою виявлення текстових запозичень. За результатами перевірки встановлено відсутність плагіату, а також підтверджено коректність оформлення посилань на використані джерела.

Структура та зміст дисертаційного дослідження, рівень виконання поставленого наукового завдання

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, у яких послідовно розкрито теоретичні засади та прикладні аспекти дослідження, а також висновків, що узагальнюють основні результати і окреслюють напрями подальших наукових розвідок.

У першому розділі наведено математичні постановки сучасних оптимізаційних задач транспортної логістики та маршрутизації. Основну увагу приділено задачам комівояжера та розподілу потужності каналів передачі даних в умовах невизначеності. Викладено базові поняття та принципи теорії нечітких множин та нечітких чисел, наведено схеми використання нечітких чисел з урахуванням спеціального їх перетворення. Визначено загальний вигляд нечіткої задачі лінійного програмування за умов невизначеності вхідних параметрів, які задаються у формі нечітких трикутних чисел.

У другому розділі запропоновано модель для вирішення задачі ефективного розподілу потужності комунікаційних каналів з метою підвищення ефективності процесів управління в мережевих структурах на основі сучасних методів розподілу та обробки інформаційних потоків. Проведено аналіз можливості застосування математичних методів для розв'язання оптимізаційних задач комівояжера та ефективного розподілу потужності каналів передачі даних в умовах невизначеності. Розглянуто використання методів гілок та меж, імітації відпалу та генетичного алгоритму для задачі комівояжера. Викладено зміст методу Орліна для оптимізації розподілу потокового ресурсу у мережі комунікаційних каналів передачі даних з урахуванням нечітких потреб користувачів.

У третьому розділі наведено результати дослідження щодо використання сучасних інтелектуальних методів та технологій машинного навчання для розв'язання нечіткої оптимізаційної задачі комівояжера. Сформульовано підхід для розв'язання задачі комівояжера з урахуванням нечітких оцінок тривалості переміщень, отриманих на основі врахування впливу інформації з новинних джерел. Запропоновано схеми уточнення результатів дефазифікації розв'язків нечітких задач комівояжера, отриманих на основі використання центрів тяжіння нечітких чисел, наведено метод розв'язання нечіткої задачі комівояжера як двокритеріальної задачі оптимізації.

У четвертому розділі наведено результати практичного застосування програмних засобів та технологій для розв'язання сформульованих раніше задач оптимізації транспортних та мережевих потоків. Наведено методи та результати розв'язання задачі комівояжера з урахуванням нечітких оцінок тривалості переміщень на основі методу меж та гілок, імітації відпалу та генетичного алгоритму. Отримано результати застосування методу Орліна для пошуку розв'язків у нечіткій задачі комівояжера, наведено приклад оптимізації маршрутів доставки вантажів на основі методу імітації відпалу.

Узагальнені результати підтверджують ефективність застосування нечіткого підходу для розв'язання оптимізаційних задач в умовах невизначеності параметрів та доводять доцільність використання розроблених методів та алгоритмів в сучасних інформаційних системах логістичного та мережевого планування.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

У цілому, дисертаційна робота Івохіної Катерини Євгеніївни заслуговує позитивної оцінки, проте необхідно зазначити деякі зауваження:

1. У роботі доцільно було б приділити більше уваги демонстрації реалізації програмних алгоритмів, оскільки саме вони становлять основу запропонованих методів.

2. У розділі 2.5 не подано графічних схем або ілюстрацій, які б демонстрували зміст запропонованої модифікації операції схрещування при використанні генетичного алгоритму для знаходження оптимального маршруту в задачі комівояжера. Вони могли б полегшити розуміння сутності запропонованої схеми вдосконалення.

3. Автору варто було б конкретизувати висновки за результатами апробації, зокрема вказати, у яких галузях може бути доцільне впровадження запропонованих моделей.

Наведені зауваження не зменшують значущості отриманих результатів дослідження і мають рекомендаційний характер.

Загальні висновки

Аналіз дисертаційної роботи свідчить про те, що вона є цілісним науковим дослідженням, виконаним на високому теоретичному та прикладному рівні за актуальною тематикою відповідно до поставленої наукової мети. Усі результати, що мають елементи наукової новизни, обґрунтовані автором і підтверджені експериментальними розрахунками, що дало змогу сформулювати практичні рекомендації щодо удосконалення інформаційних процесів у транспортних та мережевих системах з урахуванням невизначеності параметрів.

Суттєвим є те, що дисертація спрямована на розв'язання актуального науково-практичного завдання, пов'язаного з розробкою та впровадженням методів і моделей інформаційного забезпечення управління логістичними та мережевими процесами. Тематика дослідження повністю відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології» та сприяє подальшому розвитку як прикладних, так і теоретичних положень у сфері цифрової логістики.

Беручи до уваги рівень наукової новизни, достовірність отриманих результатів, використання сучасного методичного інструментарію, а також наявність належної публікаційної активності, можна зробити висновок, що дисертаційна робота й оприлюднені за її результатами наукові праці повністю відповідають вимогам, визначеним пунктами 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії». Автор дисертації, Івохіна Катерина Євгеніївна, продемонструвала достатній рівень володіння методологією наукових досліджень і заслуговує на присудження наукового

ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Завідувач кафедри міжнародних
перевезень та митного контролю
Національного транспортного університету,
доктор технічних наук, професор



Георгій ПРОКУДІН

