

## РЕЦЕНЗІЯ

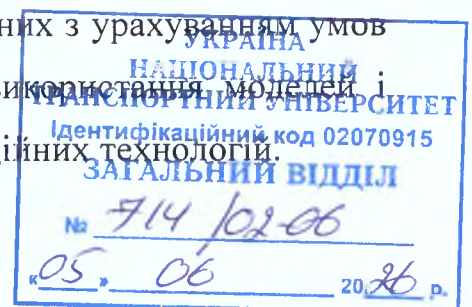
завідувача кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та  
інформаційної безпеки, доктора технічних наук,  
професора Аль-Амморі Алі Нурддиновича  
на дисертаційну роботу Івохіної Катерини Євгеніївни  
на тему «Інтелектуальні методи та моделі в задачах оптимізації транспортних  
та мережевих потоків 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 присвячена формалізації та дослідженню процесів транспортної та мережевої маршрутизації на основі побудови ефективних моделей та методів розв'язування задач з використанням інтелектуальних технологій машинного навчання.

З розвитком інформаційних технологій та загальним збільшенням розмірів технологічних та мережевих процесів все частіше виникає необхідність в проведенні систематизації та узагальнення моделей їх функціонування. Це вимагає створення нових підходів, методів та алгоритмів розв'язування задач. Однією з важливих сучасних проблем, що потребує вирішення, є дослідження та вдосконалення транспортних та мережевих процесів з урахуванням нечіткості їх параметрів і залучення для розв'язання відповідних задач технологій машинного навчання.

Автором обгрунтовано доведено необхідність створення нових методів і моделей для формулювання та вирішення задач оптимального планування маршрутів на основі розв'язування задачі комівояжера та ефективного розподілу обмежених потужностей каналів передачі даних з урахуванням умов невизначеності. Закцентовано увагу на доцільності використання моделей і методів математичної оптимізації та сучасних інформаційних технологій.



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 комплекс програм для застосування елементів машинного навчання для використання інтелектуальних технологій при вирішенні задач логістики та 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 можуть бути використані при створенні інформаційно-аналітичних систем для забезпечення ефективного вирішення 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 підвищенні ефективності організації 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.

*Удосконалено*:

- удосконалено модель оптимального розподілу обсягів передачі даних у комунікаційних каналах інформаційних мереж шляхом урахування нечітко визначених потреб 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 обробки даних;
- схему застосування методу динамічного програмування для задачі комівояжера на основі потокових алгоритмів в умовах нечітко заданих параметрів.

*Отримало подальший розвиток*:

- застосування методу імітації відпалу для розв'язання нечітких оптимізаційних задач маршрутизації;
- методи машинного навчання для розпізнавання сутностей контенту при аналізі інформації з новинних ресурсів з метою формування 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 пере-творення. 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. Наведено зміст методу Орліна для задачі оптимізації розподілу ресурсів.

**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 двохкритеріальної 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.

### **Зауваження та побажання до дисертаційної роботи**

У цілому, дисертаційна робота Івохіної Катерини Євгеніївни заслуговує позитивної оцінки.

Водночас, для підсилення наукової цінності роботи та полегшення сприйняття окремих фрагментів, у подальших дослідженнях доцільно врахувати наступні зауваження:

1. У роботі доцільно було б провести більш повне порівняння результатів застосування різних методів для розв'язання нечіткої задачі комівояжера, щоб надати можливість вибору найбільш ефективного способу вирішення проблеми.

2. Усі запропоновані алгоритми наведені у вигляді послідовності етапів, що являє собою занадто загальний опис їх сутності. Більш детальний зміст дозволив би краще зрозуміти запропоновані в роботі схеми вдосконалення.

3. Варто було провести порівняння результатів роботи запропонованих методів з урахуванням різних способів дефазифікації нечітко заданих параметрів.

4. Автору варто було більш повно та точно визначити типові проблеми, окрім транспортної логістики, для вирішення яких можна застосувати запропоновані моделі.

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 інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки

Національного транспортного університету,

доктор технічних наук, професор

Ученій секретар Національного транспортного університету

Олександр ІВАНУШКО

06 20 26 р.

Алі АЛЬ-АММОРИ

