

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора фізико-математичних наук, професора, завідувача кафедри інтелектуальних програмних систем факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Провотаря Олександра Івановича

на дисертаційну роботу Івохіної Катерини Євгеніївни

на тему: «Інтелектуальні методи та моделі в задачах оптимізації транспортних та

мережевих потоків з урахуванням нечіткого відліку часу»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

у галузі знань 12 «Інформаційні технології»

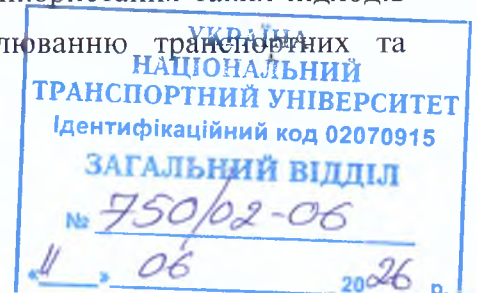
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота Івохіної Катерини Євгеніївни є актуальним науковим дослідженням, що присвячене 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. Під час проведення досліджень однією з принципових проблем є побудова адекватних математичних моделей для опису процесів, що моделюються. У випадку типового застосування математичний апарат для проведення досліджень вже добре сформований, проте його використання у реальних умовах з врахуванням специфічних вимог потребує розробки особливих підходів, що визначаються особливостями характеристик функціонування різних процесів. 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.

У межах дослідження доведено доцільність використання моделей і методів, які дають змогу враховувати особливості сучасних логістичних та інформаційних мереж за умов невизначеності щодо обмежень на ресурси, нечітких потреб та врахування суб'єктивного сприйняття впливу зовнішніх факторів. Використання таких підходів сприяє створенню більш адекватних процедур моделювання транспортних та



інформаційних процесів на мережах і, відповідно, підвищенню ефективності розв'язків задач маршрутизації.

В роботі розглянуто та досліджено проблему пошуку оптимального шляху в задачі комівояжера з урахуванням нечіткого подання тривалості переміщень у транспортній мережі. Запропоновано методи розв'язання нечіткої задачі комівояжера, проведено аналіз та порівняння різних методів побудови оптимального маршруту. Розв'язано задачу забезпечення нечітко визначених потреб користувачів у трьохрівневій інформаційно-комунікаційній мережі. Сформульовано технологію використання методів машинного навчання для формування нечіткої постановки задачі комівояжера на основі аналізу текстових повідомлень зі стрічки новин. Запропоновано підхід для набуття інформації на основі моделі розпізнавання іменованих сутностей.

Практичне значення дослідження підтверджується результатами практичного впровадження запропонованих методів і технологій при розв'язанні прикладних оптимізаційних задач. Розроблено стек технологій для застосування моделі машинного навчання з метою використання сучасних інтелектуальних інформаційних технологій в задачах логістики та маршрутизації.

У дисертації послідовно та логічно викладено результати дослідження, яке охоплює формалізацію, математичне моделювання та створення методів розв'язання задач управління транспортними та інформаційними мережевими процесами в умовах невизначеності та ресурсних обмежень.

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

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, виконаним відповідно до планів науково-дослідної діяльності Національного транспортного університету в межах кафедральної наукової теми «Системні дослідження та інформаційні технології у транспортній галузі, телекомунікаціях, промисловості та бізнесі» (2025 рік, державний реєстраційний номер 0124U003679). Тематика роботи повністю відповідає стратегічним науковим напрямкам університету та пріоритетам кафедри інформаційних систем і технологій, що підтверджує її актуальність та інтегрованість у загальний науковий процес закладу вищої освіти.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі Івохіної Катерини Євгеніївни, відзначаються високим рівнем обґрунтованості та достовірності, що забезпечується використанням сучасних методів дослідження в

галузі інформаційних технологій і оптимізаційних задач логістики. Робота ґрунтується на детальному аналізі та обґрунтованому вдосконаленні існуючих оптимізаційних підходів, моделей та методів, алгоритмічному забезпеченні та проведенні чисельних експериментів, що дозволяє здобувачеві робити обґрунтовані наукові висновки.

Практична реалізація запропонованих методів і моделей у програмному прототипі інформаційної системи дала змогу перевірити ефективність у реальних прикладних задачах, що забезпечує достовірність отриманих результатів. Застосування методів системного аналізу, методів лінійного програмування та їх модифікацій дозволило забезпечити точність у формалізації та розв'язуванні задач оптимізації транспортних та мережевих потоків з урахуванням невизначеності.

Результати представлені у вигляді формалізованих моделей, програмного забезпечення, графіків та таблиць чисельних розрахунків, що підтверджують практичну цінність розробок і відповідність теоретичних висновків реальним умовам транспортних та інформаційних мереж. Реалізація і апробація запропонованих підходів на реальних даних свідчить про високу прикладну значущість положень дисертації.

Таким чином, наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, є добре обґрунтованими, логічно послідовними й достовірними, що дозволяє впевнено стверджувати про їх відповідність сучасним вимогам до наукових досліджень у сфері комп'ютерних наук та інформаційних систем.

Структура та обсяг роботи

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури і джерел. Повний обсяг дисертації 166 сторінок, з обсягом основного тексту 112 сторінок. Список використаної літератури з 116 позицій на 12 сторінках, 6 додатків на 23 сторінках.

У першому розділі розглянуто математичні постановки оптимізаційних задач транспортної та інформаційної маршрутизації. Сформульовано задачі комівояжера та розподілу потужності каналів передачі даних в умовах невизначеності. Запропоновано формалізацію невизначеності шляхом використання нечітких нечітких трикутних чисел. Викладено базові поняття та принципи теорії нечітких множин та нечітких чисел, наведено схеми використання нечітких чисел з урахуванням спеціального їх перетворення до гаусоподібного вигляду. Визначено загальний вигляд нечіткої задачі лінійного програмування в урахуванням невизначеності вхідних параметрів, які задаються у формі правих нечітких трикутних чисел.

У другому розділі сформульовано математичну модель задачі комівояжера з нечіткою тривалістю переміщень між містами. Сформульовано модель задачі

розподілу потужності комунікаційних каналів з метою підвищення ефективності організаційного 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 оптимізаційних методів для розв'язання задачі комівояжера. Викладено зміст методу Орліна для оптимізації розподілу потокового ресурсу на інформаційно-комунікаційній мережі з урахуванням нечітких параметрів, що визначають потреби користувачів.

У третьому розділі наведено результати досліджень щодо використання інтелектуальних методів та технологій машинного навчання для розв'язання нечіткої оптимізаційної задачі комівояжера. Визначено програмні засоби для проведення навчання моделі розпізнавання класифікованих ключових слів за допомогою алгоритмів машинного навчання. Сформульовано підхід для розв'язання задачі комівояжера з урахуванням нечітких оцінок тривалості переміщень, отриманих на основі впливу інформації з новинних джерел. Запропоновано правила оцінювання нечіткості величин тривалості затримки за етапами маршруту комівояжера на основі вирішення задачі розпізнавання іменованих сутностей. Розроблено схеми уточнення результатів дефазифікації розв'язків нечітких задач комівояжера, отриманих на основі використання центрів тяжіння нечітких чисел.

Четвертий розділ присвячений результатам практичного використання розроблених програмних засобів та технологій для розв'язання розглянутих задач оптимізації транспортних та мережевих потоків. Наведено методи та результати розв'язання задачі комівояжера з урахуванням нечітких оцінок тривалості переміщень. Запропоновано результати використання методу Орліна для пошуку розв'язків у нечіткій задачі комівояжера, наведено приклад оптимізації маршрутів доставки вантажів на основі методу імітації відпаду.

У висновках роботи сформульовано практичне значення вдосконалення розроблених інтелектуальних методів, моделей і програмних засобів для оптимізації транспортних та мережевих потоків в умовах невизначеності параметрів часу переміщення та обсягів інформаційного споживання. Отримані результати підвищують ефективність розв'язання задач маршрутизації та розподілу потоків даних у транспортних і комунікаційних мережах із урахуванням впливу суб'єктивних та об'єктивних факторів невизначеності.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи Івохіної Катерини Євгеніївни полягає у розробленні нових моделей та методів, спрямованих на інформаційну підтримку процесів доставки товарів у мережевих логістичних системах. Запропоновані рішення орієнтовані на підвищення результативності логістичного управління та забезпечення гнучкого реагування систем на зміни у зовнішньому середовищі та характеристиках ресурсних потоків.

У рамках дослідження

вперше:

- в рамках задач маршрутизації на транспортних мережах сформульовано підхід до урахування нечітко визначеної тривалості переміщень, що задаються трикутними нечіткими числами, із застосуванням процедур багатокритеріальної оцінки та дефазифікації;

удосконалено:

- модель оптимального розподілу обсягів передачі даних у комунікаційних каналах інформаційних мереж з урахуванням нечітко визначених потреб споживачів, яка, на відміну від існуючих, дозволяє враховувати невизначеність попиту у вигляді нечітких обмежень при формуванні оптимальних рішень;
- методи розв'язання нечітких задач комівояжера та розподілу потоків у мережі на основі класичних та евристичних алгоритмів за умов невизначеності параметрів і використання інтелектуальних технологій обробки даних, що, на відміну від існуючих, забезпечує можливість врахування нечітких параметрів і даних, отриманих з інформаційних джерел;
- схему застосування методу динамічного програмування для задачі комівояжера на основі потокового алгоритму Орліна за умов нечітко заданих параметрів, яка, на відміну від існуючих, враховує невизначеність вхідних даних при побудові оптимального маршруту;

отримало подальший розвиток:

- застосування методу імітації відпалу для розв'язання нечітких оптимізаційних задач маршрутизації, яке, на відміну від існуючих, дозволяє врахувати нечіткість оцінок вхідних параметрів та процедур їх дефазифікації;
- методи машинного навчання для розпізнавання сутностей контенту при проведенні аналізу текстової інформації з новинних ресурсів для формування вхідних параметрів оптимізаційних моделей, які, на відміну від існуючих, орієнтовані на інтеграцію результатів обробки інформації в задачі маршрутизації та розподілу потоків.

Практичне значення отриманих результатів

Практична значимість полягає у створенні інтелектуальних моделей та методів для підвищення ефективності розв'язання задач маршрутизації та розподілу потоків даних у транспортних і комунікаційних мережах із урахуванням умов невизначеності. Слід відзначити:

1. Встановлено можливість ефективного застосування нечітких чисел трикутного вигляду для формалізації суб'єктивно заданих величин тривалості переміщень у задачах транспортної маршрутизації. Удосконалено методи та алгоритми для розв'язання нечіткої задачі комівояжера. Проведене дослідження підтвердило доцільність використання методів відомих методів для побудови ефективних маршрутів в умовах нечітко визначених часових параметрів.
2. Розроблено підхід до формування нечітких параметрів в задачах маршрутизації із використанням технологій машинного навчання та методів розпізнавання іменованих сутностей на основі даних новинних ресурсів. Розроблена схема дозволила забезпечити можливість врахування додаткових факторів впливу на транспортні процеси при формуванні оптимізаційних моделей.
3. Удосконалено модель оптимального розподілу потоків даних у комунікаційних мережах з урахуванням нечітко визначених потреб користувачів та обмежень пропускної здатності каналів передачі даних. Запропоновано підхід до розв'язання задачі розподілу потоків у трирівневій мережевій архітектурі.
4. Запропоновано програмну реалізацію розроблених моделей, методів та алгоритмів розв'язання задач транспортної маршрутизації й оптимального розподілу потоків даних та проведено їх експериментальну перевірку на прикладних задачах, що дозволило підтвердити працездатність і практичну ефективність запропонованих підходів при формуванні туристичних маршрутів, оптимізації логістичних схем доставки та розподілі пропускної здатності каналів передачі даних у комунікаційних мережах.

Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи

За результатами дисертаційного дослідження підготовлено 19 наукових праць, в тому числі 1 стаття у міжнародних виданнях, 7 статей у фахових наукових виданнях, 2 статті у виданні, яке входить до наукометричної бази даних.

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

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

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

1. Недостатньо повно окреслено сучасні наукові школи, ідеї яких були враховані під час дослідження, а не обмежуватися лише окремими прізвищами.
2. Недостатньо повно висвітлено показники чисельних розрахунків, не наведено вимог щодо умов використання програмного забезпечення, архітектури та обмежень, які застосовувалися при тестуванні роботи методів і алгоритмів. Доцільно б додати невеликий опис усіх програмних засобів, використаних у дослідженні.
3. Відсутня конкретизація прикладного застосування розроблених методів та алгоритмів. Хоча в роботі зазначено про апробацію програмного продукту, у роботі відсутній повний опис прикладних задач практичного впровадження, що потребує уточнення.
4. Має місце недостатня конкретика у висновках щодо апробації. У підсумковій частині роботи варто більш чітко сформулювати результати апробації, зокрема, вказавши конкретні галузі, де запропоновані моделі можуть бути ефективно використані. Така конкретизація підвищує міждисциплінарну цінність дослідження.

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

Загальні висновки

Дисертаційна робота свідчить про високий рівень наукової підготовки здобувана та є цілісним завершеним дослідженням, виконаним у відповідності до чинних вимог, що висуваються до кваліфікаційних наукових праць. Обрана тематика є актуальною, а сформульовані в роботі наукові завдання є логічно обґрунтованими та чітко структурованими, що дозволило підтвердити доцільність використання інтелектуальних методів, нечітких моделей та алгоритмів комбінаторної оптимізації для розв'язання задач маршрутизації транспортних і мережевих потоків в умовах невизначеності.

У дослідженні вирішено актуальне наукове завдання, що полягає у розробці та вдосконаленні інтелектуальних методів, моделей і програмних засобів для оптимізації транспортних та мережевих потоків в умовах нечіткої невизначеності параметрів часу переміщення та обсягів інформаційного споживання. Тематика й зміст роботи повністю відповідають спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» і сприяють підвищенню ефективності розв'язання задач маршрутизації та розподілу потоків даних у транспортних і комунікаційних мережах із урахуванням впливу суб'єктивних та об'єктивних факторів невизначеності.

Результати дисертації мають як теоретичну, так і прикладну цінність, а сама робота демонструє належне володіння сучасними методами наукового аналізу та інструментами дослідження. Це дає підстави стверджувати, що дисертаційна робота та наукові публікації за її матеріалами відповідають критеріям, визначеним пунктами 6-9 Постанови Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії». Івохіна Катерина Євгеніївна засвідчила здатність до самостійного наукового пошуку та опанувала необхідний науково-методичний апарат, що дозволяє рекомендувати його до присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент:

завідувач кафедри інтелектуальних програмних систем
факультету комп'ютерних наук та кібернетики
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка,
доктор фізико-математичних наук, професор



Олександр ПРОВОТАР

