

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертацію
Макія Ольги Борисівни
«Математичне моделювання та методи оптимізації замкнених маршрутів в задачах транспортного типу»,
що представлена на здобуття ступеня наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації. Реальні умови роботи транспортних засобів у мережах автомобільних доріг висувають ряд завдань оптимізації замкнених маршрутів, в основі яких лежить класична задача маршрутизації (VRP). Розроблення нових та удосконалення відомих методів розв'язання задач маршрутизації та їх програмна реалізація являє собою як теоретичну, так і практично важливу проблему.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню алгоритмічних властивостей задач маршрутизації та розробленню на його основі модифікації відомого методу Літтла з істотно меншим часом розв'язання задач транспортного типу. Підвищення швидкодії методу досягається в результаті уточнення нижніх оцінок вартості оптимального розв'язку, визначених ефективними алгоритмами побудови паросполучень в дводольних і довільних графах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Як виконавець, здобувач проводив дослідження у рамках таких держбюджетних тем та замовлень: проект на замовлення Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України №ДЗ/464-2011 на тему «Розроблення та впровадження інформаційно-комунікаційної технології руху наземного транспорту великих міст»; держбюджетна тема за договором № Ф62/106-2015 «Розроблення та впровадження новітніх інформаційно-комунікаційних технологій для мехатронних і навігаційних систем броньованих колісних і



гусеничних машин»; держбюджетна тема за договором № 01-53-16 «Забезпечення конкурентоспроможності підприємств транспортної галузі України за рахунок підвищення ефективності віртуального управління процесами транспортного обслуговування»; держбюджетна тема за галузевим замовленням МОН України за договором № 0117U002405 «Розроблення інформаційно-комунікаційної технології інтелектуального керування наземними безпілотними багатоцільовими транспортними засобами».

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації забезпечується строгостю постановок задач з використанням основних положень теорії оптимізації і доведеними теоремами. Коректність чисельних результатів підтверджується порівнянням з відомими із літератури результатами експериментів та чисельними розв'язками.

Публікації Маций Ольги Борисівни відображають основні наукові положення та результати дослідження і кількісно відповідають установленим вимогам. За результатами досліджень опубліковано 18 наукових праць, з них: 6 статей у наукових фахових виданнях України, 3 публікації у зарубіжних наукових виданнях, які включені до наукометричної бази Scopus, тези і матеріали конференцій.

Оцінка змісту дисертації та її завершеність. Матеріал дисертації викладений логічно й завершено. Робота Маций Ольги Борисівни має загальноприйняту схему та включає: анотацію, вступ, 4 розділи, висновки, список літературних джерел, додатки та має загальний обсяг 165 сторінок. Робота ілюстрована 63 рисунками, 3 таблицями. Дисертація логічно скомпонована, проілюстрована й оформлена згідно вимогам.

Результати, викладені в дисертації, показують, що робота є самостійним дослідженням, що виконано на достатньому науковому рівні і свідчать про професійну зрілість автора.

У **вступі** автор обґруntовує актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими напрямками та науково-дослідними темами.

Сформульовано мету, об'єкт, предмет та методи дослідження, наведена інформація про наукові публікації автора, що були опубліковані за результатами дисертаційного дослідження.

У **першому розділі** проведено аналіз предметної області, пов'язаною з побудовою і дослідженням моделей маршрутизації. Розглянуті випадки VRP, які надані базовими задачами про паросполучення

Із наведеного аналізу виходить доцільність розв'язання базових задач про паросполучення одним методом, що прискорює побудову і знижує вартість маршрутів в узагальненнях задачі комівояжера.

Другий розділ містить опис методу, розробленого для розв'язання задачі про призначення та задачі про зважене паросполучення. Метод розв'язання задачі про призначення подано покроковим знаходженням розв'язку з трудомісткістю $O(n^3)$. Він простий в програмній реалізації і економний стосовно пам'яті на великій вимірності вхідних даних. Викладена схема застосовується для розв'язання задачі про зважене паросполучення. З аналізу покрокового подання методу розв'язання задачі про зважене паросполучення випливає, що розв'язок коректно знаходить за час $O(n^3)$, що є ефективніше, ніж у відомого алгоритму Едмондса.

У **третьому розділі** викладений модифікований метод розв'язання гамільтонової задачі комівояжера, яка є задачею комівояжера для довільного зваженого графа. Метод є удосконаленою версією класичного алгоритму Літтла, в якій для підвищення точності нижніх оцінок вартості обходів застосовується розв'язок задачі знаходження 2-фактора мінімальної ваги. Трудомісткість розв'язання гамільтонової задачі комівояжера, запропонованим в дисертації методом, оцінюється величиною $O(n^3 2^{\lfloor n/3 \rfloor})$.

У **четвертому розділі** описано процес проектування і розроблення програмного продукту, що дозволяє за вхідними даними будувати маршрути комівояжера на основі ідей, викладених у дисертаційній роботі.

Порівняння методів розв'язування задачі про призначення показало, що кращі характеристики має рекурентний метод розв'язування задачі про призначення; угорський метод і метод потенціалів показали гірші результати.

Встановлено, що найменший час розв'язання задачі комівояжера демонструє модифікація методу Літтла, в якому використано релаксацію – розв'язок задачі знаходження 2-фактора мінімальної ваги. Другий результат показує модифікація з розв'язком задачі про призначення рекурентним методом.

Наукова новизна отриманих результатів. До найбільш важливих результатів, які отримані у дисертаційній роботі О. Б. Маций та визначають наукову новизну роботи, слід віднести:

- загальну схему розв'язання задачі про призначення, задачі знаходження 2-фактора мінімальної ваги і задачі про зважене паросполучення, що виконує рекурентну побудову паросполучень у змішаних графах;
- нову перестановочно-матричну модель оптимального призначення та розроблений метод розв'язання задачі про призначення;
- модифікацію алгоритму Літтла, що містить підвищення точності нижніх оцінок вартості маршрутів комівояжера за рахунок скорочення часу побудови розв'язку задачі знаходження 2-фактора мінімальної ваги.

Практичне значення дослідження визначається тим, що: розроблені моделі і методи розширяють математичні основи транспортної логістики. Практичне застосування цих методів дозволяє визначати раціональні маршрути руху, скоротити сумарні витрати на транспортування. Розроблено програмний продукт, який дозволяє за вхідними даними будувати оптимальні замкнені маршрути в задачах транспортного типу на основі ідей, викладених у дисертаційній роботі.

Зауваження по дисертації:

- порівняння результатів числових експериментів відбувається з алгоритмом угорського методу з оцінкою порядку n^3 , хоча відомі алгоритми з оцінками $n^{2.2}$, про які в роботі не згадується;

– треба було б більш детальніше описати розроблений підхід рекурентної побудови паросполучень у змішаних графах з точки зору його оригінальності і відміни від інших подібних, оскільки він є найбільш значущим результатом досліджень. Слід було б чітко сформулювати відмінність свого підходу та результатів в порівнянні з результатами та підходами дослідників цієї ж тематики;

– числові експерименти проведено з випадковими рівномірно розподіленими даними, не має розрахунків на реальних даних. Висновки порівняння на реальних даних можуть бути іншими. При визначенні переваг розроблених алгоритмів за часом не враховано, яку пам'ять використовують програми, що порівнюються.

Загальний висновок. Дисертаційна робота Маций О.Б. присвячена вирішенню актуальної наукової задачі, що має важливе значення для розвитку методів математичного моделювання. Отримані нові науково обґрунтовані результати в галузі теорії математичного моделювання та обчислювальних методів мають певне наукове та практичне значення для розвитку теорії та практики в транспортній логістиці. Результати дисертаційних досліджень достатньо повно викладені у публікаціях автора. Всі теоретичні результати, представлені для захисту, одержані автором самостійно.

Зміст автoreферату достатньо повно відображає основні положення дисертації.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності та всім вимогам до кандидатських дисертацій згідно з п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р., а її автор, Маций Ольга Борисівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри математичного
моделювання та соціальної інформатики
Полтавського університету економіки і торгівлі,
доктор фізико-математичних наук, професор

О. О. Ємець

