

## ВІДГУК

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

### Актуальність теми дисертації

Задачі маршрутизації являються ключовими в області перевезень, переміщення і логістики та представляють великий практичний інтерес. Прискорення темпу пересувань, підвищення щільності транспортних потоків та обсягів перевезень ведуть до посилення вимог, що пред'являються до обчислювальної техніки, програмного та алгоритмічного забезпечення, відповідального за автоматизацію процесів керування рухом в мережах автомобільних доріг.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню алгоритмічних властивостей задач маршрутизації, розробленню і вдосконаленню методів та алгоритмів комбінаторної маршрутизації, які використовуються в транспортній логістиці для побудови замкнених маршрутів

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

Робота проводилася відповідно до тематики і загального плану науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерних технологій та мехатроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, в рамках держбюджетної теми: 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**

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів і висновків роботи забезпечується коректним використанням відомих методів математичного аналізу, моделей і методів знаходження оптимальних замкнених маршрутів у задачах транспортного типу. Свідченнями обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційної роботи можуть також слугувати публікації за результатами дисертації та їх апробація в середовищі фахівців на міжнародних наукових конференціях.

### **Нові наукові результати дисертаційної роботи**

Основні наукові результати дисертаційної роботи полягають в наступному:

– *набув розвиток метод пошуку в ширину*, який в комбінації з засобами побудови шляхів, що збільшуються у графах транспортної мережі, дозволив здійснити розв’язання узагальнених задач комівояжера (базових задач) оптимізації замкнутих маршрутів;

– *удосконалено метод знаходження в довільному графі транспортної мережі паросполучення мінімальної ваги*, що дозволило використати більш просту структуру дводольного графа з меншою часовою складністю, ніж у відомих методах оптимізації замкнених маршрутів;



– запропоновано *новий* рекурентний метод розв’язання задачі про призначення, що містить швидку за часовими параметрами процедуру побудови найкоротшого шляху;

– *удосконалено* рекурентний метод побудови зважених паросполучень, на основі якого будується 2-фактор мінімальної ваги з найменшою на теперішній час часовою складністю.

– *виконано удосконалення* класичного методу Літтла з меншим часом розв’язання задач транспортного типу за рахунок підвищення точності нижніх оцінок вартості маршрутів.

### **Повнота викладених результатів дисертаційного дослідження в опублікованих працях**

Результати дисертаційних досліджень достатньо повно висвітлені у публікаціях автора. За результатами роботи опубліковано 18 робіт, з яких 9 статей (серед них 3 публікації, які включені до наукометричної бази Scopus), та 9 тез і матеріалів конференцій.

Матеріал дисертації викладений логічно й завершено. Робота включає анотацію, чотири розділи, висновки, список літературних джерел, додатки та має загальний обсяг 165 сторінок. Робота ілюстрована 63 рисунками, 3 таблицями. Дисертаційна робота оформлена згідно вимогам.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання дослідження, наукову новизну та практичну цінність. У *першому розділі* показано, що основу задач ефективної організації транспортних робіт утворює класична задача маршрутизації – VRP (Vehicle Routing Problem). Визначені окремі випадки VRP, що зводяться до ефективно вирішуваних задач теорії паросполучень, відомі алгоритми яких характеризуються невисокою швидкістю і складними способами програмної реалізації. Виникає необхідність в розробці методу розв’язання задач про паросполучення, побудованого за єдиною схемою, що підвищує швидкість



відомих методів. *Другий розділ* містить результати досліджень щодо вдосконалення алгоритмів знаходження максимальних паросполучень з мінімальною сумарною вагою ребер. Вони представлені методами розв'язання задачі про призначення і задачі про зважене паросполучення, які ґрунтуються на застосуванні схеми пошуку в ширину як в дводольному, так і в довільному графах. Вперше для розв'язання задачі про зважене паросполучення запропоновано модифікацію рекурентного методу оптимального призначення, що знижує часову складність алгоритму Едмонса. У *третьому розділі* показано, що задача побудови в графі  $H=(V,U)$  2-фактора мінімальної ваги коректно зводиться до обмеженої версії задачі про призначення, для розв'язання якої використовується рекурентний метод із часом роботи  $O(n^3)$ ,  $n=|V|$ . Розділ містить опис удосконаленої модифікації класичного алгоритму Літла, в якій для підвищення точності нижніх оцінок вартості обходів застосовується розв'язок задачі знаходження 2-фактора мінімальної ваги. Трудомісткість запропонованого методу 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.

### **Практичне значення дослідження**

Представлені в дисертаційній роботі розробки мають не тільки наукову, а й практичну цінність, тому що алгоритми, що представлені автором, можуть бути використані при організації процесу перевезень у реальному масштабі часу і в реальних умовах руху транспортних засобів.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи визначається в створенні програмного продукту, який впроваджений в навчальний процес кафедри комп'ютерних технологій та мехатроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, та



використаний у виробничому процесі науково-виробничого підприємства «Карсис» (м. Харків).

### **Зауваження по дисертації:**

– обчислювальний експеримент, що представлений у четвертому розділі дисертації, проводився на випадково з генерованих наборах даних. Доцільно було б для порівняння розроблених методів використати реальні дані транспортних перевезень, оскільки розглянуті в роботі методи розроблені для оптимізації замкнутих маршрутів в задачах транспортного типу;

– бажано було б порівняти отримані в роботі результати досліджень, з тими, які отримуються при використанні існуючих методів та прикладних програм для розв'язування аналогічних задач;

– в роботі проведені дослідження часової складності алгоритмів, але поза уваги здобувача залишилися питання їх стійкості до варіацій вхідних даних задач, які виникають в практиці оптимізації задач транспортних перевезень;

– не позначені вісі на рис.4.5–4.7 дисертації; не позначені криві, що подані жовтим та червоним кольором на рис. 2 автореферату; невірно перенесений з дисертації рисунок 4.6 (побудований за таблицею 4.3) в автореферат за номером 3, що призводить до невірної трактовки результатів дисертаційного дослідження;

– висновки по кожному розділу дисертації треба було надати в більш узагальненому вигляді.

### **Загальний висновок**

Висловлені зауваження не мають вирішального значення і не знижують теоретичної і практичної цінності проведеного дослідження актуальної проблеми. Рівень виконання дисертанткою визначених для дослідження завдань, вагомість і новизна результатів, їх актуальність і значимість дають

підставу вважати, що дисертація на тему «Математичне моделювання та методи оптимізації замкнених маршрутів в задачах транспортного типу» є самостійною і завершеною науковою роботою, яка за обсягом і обґрунтованістю проведених досліджень, науковою значущістю отриманих результатів відповідає паспорту спеціальності та всім вимогам до кандидатських дисертацій згідно з п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» № 567, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України 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

доктор технічних наук, професор,

професор кафедри фізико-математичних дисциплін

Національного університету цивільного

захисту України

