

ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., професора Положаєнка Сергія Анатолійовича
на дисертаційну роботу МОГІЛЕЯ Сергія Олександровича

«МОДЕЛІ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ РОЗВ'ЯЗАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ ТА МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ»,

яку подано на здобуття наукового ступеня доктора філософії
зі спеціальності 122 — Комп'ютерні науки

На експертизу представлено дисертаційну роботу обсягом 139 стор. і опубліковані за темою дисертації 13 публікацій.

Предметом дисертаційного дослідження є *особливості побудови моделей* багатокритеріальних і мультимодальних транспортних задач та розробка методів їх розв'язання.

Дисертаційна робота МОГІЛЕЯ С. О. виконувалась в Черкаському державному технологічному університеті (ЧДТУ) на кафедрі робототехнічних і телекомунікаційних систем та кібербезпеки відповідно до основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019-2023 роки, зокрема «Розроблення математичних методів та систем моделювання об'єктів та процесів», «Дослідження математичних моделей, проблем комп'ютерної математики, оптимізації, оцінювання, ідентифікації».

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

Однією із сфер людської діяльності, де потужно відчувається вплив глобалізації, є транспортна логістика, яка, в умовах фактичного зникнення мілітарно-буферних кордонів між більшістю країн світу, постає перед проблемою вирішення багатьох нових задач та викликів.

При цьому однією з нагальних логістичних задач постає задача оптимізації транспортних перевезень, зокрема, мінімізації транспортних перевезень (пасажирських та вантажних), а також створення інтелектуальних систем управління складними логістичними комплексами.

Слід, однак, зазначити, що вказана тематика розв'язуваних транспортно-логістичних задач є доволі дослідженою в сучасній науці — зокрема найвідоміша модель вантажних перевезень описана так званою транспортною задачею. Ця задача є оптимізаційною, і полягає у віднаходженні оптимального плану транспортних перевезень з пунктів відправки до пунктів доставки за критерієм їх мінімальної вартості. Іншими словами, постановка класичної (стандартної) транспортної задачі передбачає наявність одного критерію оптимізації та одного засобу доставки вантажів (виду транспорту). Таким чином, йдеться про однокритеріальну одномодальну транспортну задачу.

Наближення класичної транспортної задачі до реальних практичних застосувань вимагає появи у її постановці кількох критеріїв оптимізації та

видів транспорту, що свідчить про формулювання вже саме багатокритеріальної мультимодальної транспортної задачі. В такому разі побудова нетривіальної модальної складової та розроблення методів реалізації модифікованої транспортної задачі потребують додаткових науково-прикладних досліджень.

Поява численних публікації останніх років вказує на неабиякий інтерес до задач багатокритеріальної оптимізації серед вітчизняних та зарубіжних фахівців, а також зростаючий рівень наукової зацікавленості у розв'язуванні мультимодальних задач транспортної логістики, що містять різноманітні оптимізаційні критерії.

Саме вказана нетривіальність постановок, відсутність дієвих методів розв'язання багатокритеріальних транспортних задач, а також необхідність системного розв'язку останніх з урахуванням транспортної логістики, визначає *актуальність* досліджень, виконаних у дисертаційній роботі, що представляється до захисту.

2. ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

У дисертаційній роботі МОГІЛЕЯ С. О. вирішено науково-технічну задачу, мета якої полягає в обґрунтуванні побудованих моделей багатокритеріальних та мультимодальних транспортних задач та розробці нових методів їх розв'язання. Зокрема показано, що алгоритми нових методів розв'язання досліджуваних задач дозволяють звести багатокритеріальну мультимодальну транспортну задачу до класичної (стандартної – однокритеріальної з одним критерієм оптимізації) транспортної задачі.

Зокрема автором отримано такі наукові результати.

Вперше:

- запропоновано нові моделі багатокритеріальних та мультимодальних транспортних задач і методи пошуку їх опорних планів;
- використано нові методи розв'язання таких задач для отримання більш точного першого наближення розв'язку задачі (першого опорного плану);
- застосовано ці методи для прискорення процесу розв'язування досліджуваних задач, особливо за умови необхідності обробки великих масивів даних.

Удосконалено:

- метод мінімального елемента побудови опорних планів класичної транспортної задачі, який застосовується для розв'язання мультимодальної транспортної задачі;
- методи зважених коефіцієнтів та послідовних поступок розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації, що дало змогу повноцінно використати зазначені методи для розв'язання багатокритеріальних та мультимодальних транспортних задач.

Отримали подальший розвиток:

— алгоритми та засоби розв'язування мультимодальної транспортної задачі як з одним, так і з кількома критеріями, що дозволить звести задачу подібного типу до класичної транспортної задачі.

Із зазначеного вище можна зробити висновок, що наукова повизна дисертаційної роботи МОГІЛЕЯ С. О. М. відповідає вимогам п. 6 діючого «Порядку присудження ступеня доктора філософії».

Автором отримано та опубліковано нові науково-обґрунтовані результати, які, у сукупності, розв'язують важливу наукову-прикладну проблему. Робота містить нові, раніше не захищені наукові положення.

Оформлення дисертації відповідає вимогам ДСТУ. Мова і стиль викладення дисертації коректно висвітлюють одержані науково-практичні результати, які відповідають меті досліджень.

3. ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Практична цінність виконаних досліджень полягає у: створенні та обґрунтуванні прикладної бізнес-моделі логістичного підприємства (підрозділу, комплексу); удосконаленні відомих та розробці нових методів реалізації багатокритеріальних мультимодальних транспортних задач різних типів та за допомогою різних засобів комп'ютерної математики, онлайн-сервісів та програмного забезпечення з відкритим кодом; визначенні можливості використання досліджуваної бізнес-моделі як основи для побудови інформаційно-управляючої системи керування мультимодальним транспортним хабом (підприємством, підрозділом, комплексом).

Результати дисертаційного дослідження МОГІЛЕЯ С. О. використано в учбовому процесі на кафедрі економіки, обліку та оподаткування Східноєвропейського університету ім. Р. Аблязова при викладанні низки спецкурсів.

4. ДОСТОВІРНІСТЬ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Достовірність наукових результатів роботи підтверджується обґрунтованим коректним використанням наведеного у розділах 2 та 3 математичного апарату теорії оптимізації (зокрема, методів одно- та багатокритеріальної оптимізації); теорії прийняття рішень та дослідження операцій; системного аналізу, а також методів математичного моделювання.

Також достовірність отриманих результатів і висновків перевірено порівнянням теоретичних положень з експериментальними даними, отриманими за допомогою комп'ютерного моделювання.

Основні положення та результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на Міжнародних та Всеукраїнських науково-практичних конференціях і семінарах та отримали підтримку науковців із даного напрямку досліджень.

5. СТРУКТУРА РОБОТИ

Дисертаційна робота структурно складається із вступу, чотирьох розділів з висновками, загальних висновків, списків використаних джерел (окремо до кожного з розділів дисертаційної роботи) і 3-х додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 139 сторінок, у тому числі 125 сторінок основного тексту, ілюстрованого 11 рисунками і 31 таблицею.

Вступ містить обґрунтування актуальності роботи; об'єкт, предмет, мету та задачі дисертаційного дослідження; наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також і інші відомості щодо дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячено формулюванню проблеми досліджень та аналітичному огляду методологічних засад реалізації транспортних задач. При цьому, зокрема, розглянуто особливості побудови оптимізаційних моделей, виконано аналіз методів реалізації оптимізаційних задач, досліджено транспортні задачі як окремий клас задач оптимізації, а також здійснено огляд програмних засобів реалізації оптимізаційних задач.

У **другому розділі** «Мультимодальні транспортні задачі з одним критерієм оптимізації» виконано постановку мультимодальної транспортної задачі. Показано, що, з математичної точки зору, розв'язання мультимодальної транспортної задачі полягає у віднаходженні всіх її оптимальних опорних планів по кожному з видів транспорту. Критерієм оптимізації за замовчуванням, запропоновано приймати мінімальну сумарну собівартість перевезень, хоча в якості цільової функції можуть виступати і інші критерії (наприклад, максимізація прибутку, мінімізація ризику тощо).

Автором розроблено алгоритм нового методу побудови опорних планів мультимодальної транспортної задачі з однією цільовою функцією (модифікація методу мінімального елемента) суттю якого була адаптація при побудові опорних планів мультимодальної транспортної задачі. Одержані результати дають змогу говорити про можливість проведення подальшого дослідження особливостей застосування методів багатокритеріальної оптимізації до мультимодальних транспортних задач.

Було показано, що розробка нових методів саме для двокритеріальної мультимодальної транспортної задачі є достатньою для поширення цих підходів на задачі з більшою кількістю критеріїв оптимізації.

У **третьому розділі** «Транспортні задачі з кількома цільовими функціями» запропоновано моделі та методи розв'язання багатокритеріальних транспортних задач, а також розглянуто особливості реалізації розв'язків багатокритеріальних мультимодальних транспортних задач.

Було проведено дослідження питання рівня ризику мультимодальних вантажних транспортних перевезень. При цьому пропонувалося, за основні моделі таких перевезень прийняти мультимодальні транспортні задачі як

окремий клас задач оптимізації. Реалізовано задачу побудови цільових функцій мінімізації ризиків мультимодальних транспортних перевезень.

Для класичної транспортної задачі, постановка якої передбачає визначення оптимального плану транспортних перевезень з кількох пунктів відправки до кількох пунктів доставки вантажів, замість критерію мінімальної собівартості перевезень за цільову функцію запропоновано прийняти мінімізацію рівня їх ризику. Показано, що значення параметрів ризикової функції оптимізації мають ймовірнісну природу, а для їх визначення застосовано метод факторного аналізу в матричній формі, або процедури матричного факторного аналізу.

Виконано розширену постановку в мультимодальній транспортній задачі на цільовій функції ризику. Наведено алгоритм віднаходження параметрів цієї функції, запропоновано застосування методу факторного аналізу (в уточненій формі) для їх визначення. Роботу цього алгоритму також продемонстровано на модельних даних.

Четвертий розділ «Побудова інформаційно-управляючої системи керування мультимодальним транспортним хабом» присвячено розгляду багатокритеріальної мультимодальної бізнес-моделі як основи інформаційно-управляючої системи, створенню мультимодальних транспортних хабів та інтелектуальних систем управління ними, а також опису архітектури інформаційно-управляючої системи мультимодального транспортного хабу.

Обґрунтовано застосування проєктного підходу до створення мультимодального транспортного хабу. Показано науково-прикладне забезпечення останнього, представлене мультимодальною транспортною задачею, постановку якої наведено для чотирьох засобів доставки вантажів: автомобільного, залізничного, річкового та повітряного. Реалізація такої задачі можлива за умови розробки інтелектуальної системи управління. Описано концепцію покладено в основу реального проєкту створення на базі м. Черкаси великого автоматизованого мультимодального транспортного вузла.

Наведено опис архітектури інтелектуальної системи управління мультимодальним транспортним хабом, яка складається з трьох основних блоків: інтерфейсу користувача, зовнішніх джерел інформації, а також основного обчислювального модуля. При цьому було описано потоки інформації та напрямки її передачі між модулями/підмодулями.

Список використаних джерел представлено окремо до кожного з розділів дисертаційної роботи.

У **додатку А** дисертаційної роботи наведено числові методи оптимізації

У **додатку Б** представлено список публікацій, в яких відображено основні наукові результати дисертації.

Додаток В містить документи про впровадження дисертаційної роботи.

6. ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ, СФОРМУЛЬОВАНИХ У ДИСЕРТАЦІЇ, ТА ОПУБЛІКОВАНИХ В РОБОТАХ АВТОРА

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано у 13 наукових роботах. Серед них: 6 статей, зокрема, 1 стаття в зарубіжному періодичному наукометричному виданні (Scopus), 3 статті у фахових виданнях України категорії Б, 2 статті у зарубіжному періодичному наукометричному виданні (Index Copernicus, MNISW), та 7 доповідей у матеріалах наукових конференцій.

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи відображено в публікаціях рівномірно по розділах. Одночасно, вони відбивають пріоритети автора дисертації у розв'язуванні наукових і прикладних задач обраного ним наукового напрямку досліджень.

Публікації МОГІЛЕЯ С. О. задовольняють всім відповідним вимогам чинного «Порядку присудження ступеня доктора філософії». Повнота відображення результатів дисертаційного дослідження і вимоги щодо кількості публікацій відповідає вимогам, які пред'являються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії за обраною спеціальністю.

7. ЗАУВАЖЕННЯ ПО ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ

В якості зауважень до дисертаційної роботи слід вказати наступне.

1. Варто було б деталізувати та розширити в першому розділі аналітичний огляд програмних засобів розв'язання оптимізаційних задач.
 2. Потребує додаткового обґрунтування вибір таких програмних засобів як MS Excel, Mathcad та Matlab при розв'язуванні багатокритеріальних та мультимодальних транспортних задач.
 3. Слід зазначити, що повноцінне використання методу матричного факторного аналізу при розв'язанні багатокритеріальної транспортної задачі в сучасних умовах не є можливим — тому варто було б дослідити додаткові умови, які повинні бути накладені на вагові коефіцієнти в межах запропонованого методу.
 4. Для багатокритеріальної мультимодальної транспортної задачі варто було б підібрати такі дані, які краще демонструють застосування запропонованих методів її розв'язування. Також потребує уточнення отриманий розв'язок за допомогою Mathcad.
 5. В четвертому розділі варто було б надати опис функціонування самого мультимодального транспортного хабу, робота якого керується на підставі запропонованої інформаційно-управляючої системи.
- Одначе, слід вказати, що наведені зауваження **не знижують** позитивного враження від дисертації і, частково, є побажаннями, які варто враховувати у подальшій роботі.

ВИСНОВОК

Зміст дисертаційної роботи МОГІЛЕЯ Сергія Олександровича відповідає спеціальності 122 — Комп'ютерні науки.

Публікації автора у повному обсязі відображають результати виконаних досліджень. Крім того, повнота відображення результатів дисертаційного дослідження і кількість публікацій відповідають діючим чинним вимогам. Отримані результати наукових досліджень достовірні, достатньо обґрунтовані, мають наукову та прикладну значимість. На основі аналізу дисертаційної роботи та опублікованих робіт МОГІЛЕЯ С. О. вважаю, що здобувачем вирішено важливу науково-практичну задачу, яка полягає в обґрунтуванні побудованих моделей багатокритеріальних та мультимодальних транспортних задач і розробці нових методів їх розв'язання. Зокрема показано, що алгоритми нових методів розв'язання досліджуваних задач дозволяють звести багатокритеріальну мультимодальну транспортну задачу до класичної (стандартної — однокритеріальної з одним критерієм оптимізації) транспортної задачі.

Дисертаційну роботу оформлено із дотриманням необхідних вимог, прийнятих правил та норм. Дисертаційна робота МОГІЛЕЯ Сергія Олександровича **«МОДЕЛІ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ РОЗВ'ЯЗАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ ТА МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ»** є завершеним науковим дослідженням, у якому поставлено і вирішено важливу науково-технічну задачу. Одержані результати мають наукову новизну і практичне значення.

Дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. та чинним вимогам Міністерства освіти і науки України, а її автор — МОГІЛЕЙ Сергій Олександрович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 — Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри комп'ютеризованих системи та програмних технологій Національного університету «Одеська політехніка», доктор технічних наук, професор

Сергій ПОЛОЖАСНКО

Підпис професора ПОЛОЖАСНКА С. А. засвідчую.
Вчений секретар Ради Національного університету
«Одеська політехніка»,
д.ф.н., професор

Лада ПРОКОПОВИЧ

