

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Лебедєва Данила Миколайовича

«Узагальнені алгоритми розв'язання нечітких двоетапних задач

оптимального розміщення-розбиття»,

подану на здобуття ступеня доктора філософії за

спеціальністю 113 «Прикладна математика»

Актуальність теми.

Дисертаційна робота присвячена розробці узагальнених алгоритмів розв'язання нечітких двоетапних задач оптимального розміщення-розбиття, що зводяться до задач теорії оптимального розбиття множин (ОПМ). Актуальність теми обумовлена великою кількістю прикладних задач з різних галузей, зокрема необхідністю транспортування великих об'ємів вантажів у промисловості, фабричному виробництві, енергетиці та при перевезенні різноманітних товарів кінцевого споживача. Такі задачі зазвичай формуються як неперервні-дискретні транспортні задачі, у яких перевезення товарів або ресурсів виконується у два етапи з використанням шару проміжних центрів транспортування, а також присутня неперервно розподілена обмежена множина споживачів, яку необхідно розбити на окремі регіони з назначеними центрами постачання.

Обґрунтованість викладених наукових положень та результатів.

Викладений у роботі процес розв'язання задач є обґрунтованим та базується на усталеному підході у рамках теорії ОПМ, що охоплює формулювання неперервно-дискретної транспортної задачі у вигляді задачі нескінченновимірної умовної оптимізації з наступним переходом до задачі безумовної оптимізації за допомогою метода множників Лагранжа. Для кожної з розглянутих задач у роботі описано повний процес розв'язку: формулювання задачі, формалізація математичної моделі, перехід від задачі умовної оптимізації до задачі безумовної оптимізації, доведення супутніх теорем, спрощення отриманої задачі, формулювання методу розв'язання, формулювання алгоритму розв'язання. Кожен крок у викладеному матеріалі є обґрунтованим та логічним чином впливає з попередніх положень. Вибір

підходів та допоміжних алгоритмів у роботі є доцільним та добре аргументованим, наявні усі необхідні посилання на першоджерела.

Зміст та структура роботи.

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів основної частини, висновків, переліку використаних джерел зі 128 найменувань та двох додатків. Загальний обсяг дисертації – 150 сторінок, обсяг основного тексту – 117 сторінок. Робота містить 23 рисунка та 1 таблицю.

У вступі дисертації обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження. Наведено зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, наукова новизна одержаних результатів, практичне значення результатів. Перелічено публікації автора, які винесено на захист та у яких викладено основні положення та результати дисертаційної роботи. Для кожної публікації вказано особистий внесок автора та наведена апробація результатів роботи на конференціях.

У першому розділі виконано оглядове дослідження поточного стану напряму розв'язання неперервно-дискретних транспортних задач та задач теорії ОРМ. Описані актуальні напрями досліджень останніх років, продемонстровані напрями, які ще залишаються недостатньо представленими у публікаціях. Розділ завершується підтвердженням актуальності обраної теми дослідження.

У другому розділі наведено процес розробки узагальненого алгоритму розв'язання двоетапної чіткої задачі оптимального розміщення-розбиття з фіксованими центрами підмножин. Описано метод розв'язання задачі, виведено формули градієнтів функціонала Лагранжа, сформульовано узагальнений алгоритм розв'язання задачі, наведено приклади розв'язання модельних задач.

У третьому розділі наведено процес розробки узагальненого алгоритму розв'язання двоетапної чіткої задачі оптимального розміщення-розбиття з відшукуванням координат центрів підмножин. У матеріалах розділу використано підходи розв'язання двоетапних задач ОРМ, сформульовані у другому розділі. Викладено виведення формул та формулювання узагальненого алгоритму,

представлені приклади розв'язання модельних задач, результати розв'язків яких надані у числовому та графічному вигляді.

У четвертому розділі наведено процес розробки узагальненого алгоритму розв'язання двоетапної нечіткої задачі ОРМ з нейронечіткою ідентифікацією нечіткої функції щільності. У матеріалах розділу використано підходи розв'язання двоетапних задач ОРМ, сформульовані у третьому розділі. Описано підхід до відновлення нечіткої функції щільності, заданої з використанням лінгвістичних змінних, за допомогою методів нечіткої логіки та нейронечіткого моделювання. Наведено приклад модельної задачі, який супроводжується порівнянням результатів роботи алгоритму для функції щільності до та після налаштування моделі відновлення функції.

У п'ятому розділі викладено метод розв'язання двоетапної нечіткої задачі оптимального розміщення-розбиття. На основі теоретичного методу сформульовано узагальнений алгоритм розв'язання у вигляді псевдокоду. У матеріалах розділу використано підходи розв'язання двоетапних задач ОРМ, сформульовані у другому розділі. Для демонстрації роботи алгоритму наведено приклади розв'язання модельних задач.

У шостому розділі наведено опис програмного забезпечення, яке було розроблено, щоб продемонструвати коректність, ефективність та гнучкість викладених у розділах 2-5 узагальнених алгоритмів. Описано структуру модулів обчислювальної частини програми, елементи інтерфейсу користувача графічної частини програми та налаштування конфігураційного файлу з вхідними даними, які підтримує програма.

У висновках дисертації описані основні наукові результати та практичні напрацювання, які виносяться на захист.

Наукова новизна результатів дисертації.

Представлена на захист дисертаційна робота має високий ступінь наукової новизни. Найголовніші наукові досягнення:

- *вперше* розроблено та обґрунтовано метод розв'язання нечіткої двоетапної задачі оптимального розміщення-розбиття з фіксованими центрами;
- *вперше* розроблено та обґрунтовано метод розв'язання задачі оптимального розміщення-розбиття з нейронечітким відновленням

нечіткої функції щільності споживання з розміщенням центрів першого етапу;

Також, подальшого розвитку дістали:

- метод розв'язання двоетапної чіткої задачі оптимального розміщення-розбиття з фіксованими центрами підмножин;
- метод розв'язання двоетапної чіткої задачі оптимального розміщення-розбиття з розміщенням центрів підмножин;

У тому числі можна відмітити наступні здобутки практичного характеру, пов'язані з програмною реалізацією запропонованих алгоритмів та демонстрації їх роботи:

- *узагальнено* запропоновані алгоритми введенням адитивного та мультиплікативного коефіцієнтів для центрів першого етапу, нерівномірної функції щільності споживання, окремих функцій вартості транспортування на першому та другому етапах, та обмеженнями у вигляді рівностей на кількість наявної продукції у центрах постачання;
- *розроблено* програмне забезпечення, що реалізує запропоновані узагальнені алгоритми та дозволяє задавати адитивні та мультиплікативні коефіцієнти центрів першого етапу, нерівномірну функцію щільності споживання, коефіцієнт здешевлення транспортування на другому етапі, та обмеження на наявну кількість товарів у центрах постачання; розроблено програмне забезпечення, що виконує побудову оптимального розбиття з використанням паралельних обчислень на відеокарті з метою прискорення обчислень;
- *розв'язано* ряд модельних задач з метою демонстрації роботи кожного з розроблених узагальнених алгоритмів;

Практичне значення результатів дисертації.

Основні результати, що виносяться на захист, мають таке практичне значення:

1. Розроблені узагальнені алгоритми можуть бути застосовані до розв'язання прикладних транспортно-логістичних задач з різних

галузей: промисловості, енергетики, міського планування, розміщення служб швидкого реагування.

2. Розроблена програмна реалізація дозволяє адекватно моделювати відповідні прикладні задачі за допомогою введених узагальнюючих параметрів у вхідних даних математичних моделей.
3. Запропоновані підходи до врахування та моделювання нечіткості у задачах ОРМ розширюють коло задач, до яких може бути застосований відповідний математичний апарат. Так, один з розроблених алгоритмів дозволяє на пряму інкорпорувати нечітку функцію щільності у математичну модель, а моделювання нечіткого розбиття у іншому алгоритмі відкриває можливість додаткового аналізу отриманих результатів та кращого планування у задачах реального світу.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях.

Результати наукових досліджень, які виносяться автором на захист, опубліковано у 5 наукових статтях: 3 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б» з фізико-математичних наук та 2 статті у міжнародних фахових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus (у тому числі 1 стаття у журналі квартиля Q2). Повнота представлення результатів дисертаційної роботи здобувача у цих публікаціях є вичерпною та відповідає встановленим вимогам.

Апробація наукових результатів дисертації.

Наукові результати дисертації отримали достатній рівень апробації на трьох міжнародних науково-практичних конференціях.

Зауваження щодо змісту дисертації.

1. У розділі 1 при описі класифікації задач ОРМ усі задачі з обмеженнями винесені у єдину категорію, хоча, враховуючи їх різноманітність, було б доцільним описати декілька підкатегорій, на які вони розбиваються. Також, відсутнє обґрунтування, чому для представлених у роботі задач були обрані саме обмеження у вигляді рівностей на кількість товару у споживачів, а не інші можливі обмеження.

2. У розділах 3 і 4 у прикладах розв'язання задач ОРМ з оптимальним розміщенням центрів підмножин не вказані початкові координати центрів під час ітераційного розв'язання. Також, відсутні приклади розв'язання задач з різними початковими координатами центрів підмножин та порівняння отриманих результатів.
3. У розділі 3.3 при порівнянні різних значень коефіцієнту K усі приклади підібрані таким чином, що графічне зображення оптимального розбиття має вертикальну вісь симетрії, у той час як доречним було б навести додаткові приклади, де задані координати центрів першого етапу та необхідні об'єми споживання не є симетричними, а розташовані більш хаотично.

Дані зауваження не є критичними та не впливають на кінцеву позитивну оцінку роботи.

Висновок офіційного опонента.

Представлена до захисту дисертаційна робота Лебедєва Д. М. є завершеною науковою працею, виконаною на високому рівні з дотриманням сучасних стандартів проведення досліджень та академічної доброчесності. Робота оформлена структуровано, розділи основної частини розкривають тему роботи послідовно та у повній мірі. Викладений матеріал містить посилання на першоджерела, введення необхідних означень, формалізацію математичних моделей, доведення теорем, цілісний опис проведених математичних перетворень та формулювання отриманих узагальнених алгоритмів.

На підставі вищевикладеного, враховуючи високу актуальність теми дисертації, обґрунтованість та достовірність результатів, їх наукову новизну та практичне значення, вважаю, що дисертаційна робота відповідає встановленим вимогам згідно з наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від

03.05.2024), а її автор Лебедєв Данило Миколайович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційний опонент
кандидат технічних наук,
доцент кафедри математичного моделювання
та аналізу даних
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна

Ольга МАЦІЙ

В.О.

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ
Начальник відділу
кадрів

Морозенко

Леба

