

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу *Падалки Вадима Геннадійовича*
на тему: «*Методи і алгоритми побудови нечітких*
діаграм Вороного на основі теорії оптимального розбиття множин»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
113 Прикладна математика

Актуальність теми дисертації. У дисертаційній роботі Падалки В.Г. показано можливість та переваги застосування теорії оптимального розбиття множин до побудови діаграми Вороного та її узагальнень. Необхідно відзначити, що переважна більшість задач теорії ОРМ досліджувалась в умовах визначеності. Однак реальні ситуації, для яких створюються моделі оптимального розбиття множин, найчастіше характеризуються деяким ступенем невизначеності: в початкових даних, в умовах і цілях. Природним представляється узагальнення моделей розбиття в умовах визначеності на випадок моделей в умовах невизначеності.

В роботі для вирішення зазначеної проблеми, тобто для формалізації невизначеної інформації, застосовується апарат теорії нечітких множин, який базується на понятті нечіткої множини, введеного Л.А. Заде, а також апарат нечіткої логіки.

У дисертації чітко сформульована мета, яку поставив здобувач, та надано теоретичне й практичне обґрунтування методів і алгоритмів побудови нечітких діаграм Вороного у вигляді означень, теорем та алгоритмів, а також одержано числові розв'язки поставлених задач. Математичний та алгоритмічний апарат побудови різних варіантів нечітких діаграм Вороного заснований на формулюванні неперервних задач оптимального розбиття множин з критеріями якості розбиття, що забезпечують відповідні види діаграми Вороного. Алгоритми розроблені на основі синтезу методів розв'язання задач теорії оптимального розбиття множин з нейронечіткими технологіями і модифікаціями r -алгоритму Н.З. Шора для розв'язання негладких задач оптимізації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Актуальність дисертаційного дослідження підтверджується також тим, що дисертаційне дослідження проводилося у відповідності з планами наукових досліджень науково-

дослідної лабораторії оптимізації складних систем (науковий керівник – чл.-кор. НАНУ, проф. О.М. Кісельова) кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара у межах держбюджетної теми «Розробка математичних моделей та алгоритмів розв’язання прикладних задач класифікації, кластеризації на основі теорії оптимального розбиття множин» (№ держреєстрації 0119U100600, 2019-2021 рр.), а також в рамках наукових тем «Математичні моделі, методи та алгоритми розв’язання задач аналізу складних систем» (№ держреєстрації 0119U101302, 2019-2021 рр.) при кафедрі обчислювальної математики та математичної кібернетики у відповідності з тематичними планами науково-дослідних робіт Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Формулювання наукової задачі, нове вирішення якої одержане в дисертації. *Метою роботи є розробка та обґрунтування методів і алгоритмів побудови нечітких діаграм Вороного із застосуванням теорії оптимального розбиття множин із n -вимірного евклідового простору E_n на підмножини.*

Основні завдання дослідження:

- розробка методу побудови узагальнених діаграм Вороного з нечіткими параметрами, заснованого на синтезі методів теорії оптимального розбиття множин, нейронечітких технологій та r -алгоритму Н.З. Шора для розв’язання негладких задач оптимізації;
- розробка алгоритмів побудови адитивно та мультиплікативно зважених діаграм Вороного за наявності нечітких параметрів;
- розробка алгоритмів побудови діаграм Вороного з оптимальним розміщенням скінченної кількості N точок-генераторів в обмеженій множині з n -вимірного евклідового простору за наявності нечітких параметрів;
- розробка та обґрунтування методів і алгоритмів побудови діаграм Вороного з нечіткими клітинками як із заданими координатами точок-генераторів, так і з відшукуванням їх оптимального розміщення;
- розробка на основі побудованих алгоритмів програмного забезпечення для їх чисельної реалізації;
- застосування розроблених методів та алгоритмів до розв’язання прикладних задач.

Об’єктом дослідження є діаграми Вороного в умовах невизначеності.

Предметом дослідження є методи і алгоритми побудови нечітких діаграм Вороного.

Наукова новизна отриманих автором результатів. Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- *вперше* розроблено й теоретично обґрунтовано *нові* методи побудови діаграм Вороного з нечіткими клітинками як із заданими координатами точок-генераторів, так і з відшукуванням їх оптимального розміщення;
- *дістав подальшого розвитку* метод побудови узагальнених діаграм Вороного скінченної кількості точок-генераторів, оптимально розміщених в обмеженій множині, в умовах визначеності, на основі розв'язання неперервної задачі оптимального розбиття множини на підмножини із розміщенням їх центрів;
- *дістав подальшого розвитку* алгоритм побудови адитивно та мультиплікативно зважених діаграми Вороного за наявності нечітких параметрів із застосуванням нейронечітких технологій;
- *дістав подальшого розвитку* алгоритм побудови діаграми Вороного з оптимальним розміщенням скінченної кількості N точок-генераторів в обмеженій множині з n -вимірною евклідовою простору за наявності нечітких параметрів із застосуванням нейронечітких технологій;
 - створено нові ефективні алгоритми розв'язання вище названих задач;
 - створено програмний продукт на об'єктно-орієнтованих мовах програмування C# та Python, який реалізує розроблені алгоритми;
 - методи і алгоритми, розроблені на основі нейронечітких технологій та модифікацій r -алгоритму Н.З. Шора, застосовано до розв'язання деяких прикладних задач в умовах невизначеності.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені в роботі методи й алгоритми можуть бути застосовані до розв'язання прикладних задач із різних предметних областей, що зводяться в математичній постановці до неперервних лінійних задач ОРМ з нечіткими параметрами. Наприклад, при розв'язанні задач популяційного моделювання, в медицині для моделювання розповсюдження Covid-19 та ін.

Окремі теоретичні результати включені до спецкурсу «Математичні моделі задач оптимального розбиття множин», який викладається на кафедрі обчислювальної математики та математичної кібернетики факультету прикладної математики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара для

студентів магістратури за спеціальністю 124 Системний аналіз. Результати дисертації також використовуються при виконанні курсових та дипломних робіт студентами факультету прикладної математики.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. Дисертаційна робота відповідає вимогам до досліджень такого рівня. Роботу виконано на належному науковому рівні.

Показано, що при відповідному формулюванні неперервної лінійної задачі оптимального розбиття множини розв’язок цієї задачі приводить до того чи іншого варіанту діаграми Вороного заданої кількості точок. При цьому алгоритми розв’язання неперервних лінійних задач ОРМ не залежать від розмірності евклідового простору E_n , що містить обмежену множину, яка підлягає розбиттю на підмножини; не залежать від геометрії множини, що підлягає розбиттю; складність реалізації алгоритмів побудови діаграм Вороного на основі методів теорії ОРМ не збільшується при збільшенні кількості N точок-генераторів, а швидкодія допоміжних ітераційних процедур недиференційовної оптимізації дозволяє розв’язувати задачі великих розмірностей.

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані автором особисто або за безпосередньої участі. Дисертаційна робота є завершеним дослідженням, виконаним автором самостійно відповідно до програми спланованих, проведених і узагальнених досліджень.

Дисертантом проведено пошук та аналіз літературних джерел; обґрунтовано методи побудови діаграм Вороного з нечіткими параметрами та з нечіткими клітинками; на їх основі розроблено алгоритми побудови адитивно та мультиплікативно зважених діаграм Вороного з нечіткими параметрами, діаграм Вороного з нечіткими клітинками; застосовано розроблені алгоритми до розв’язання практичних задач.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел, що містить 117 найменувань на 12 сторінках та додатків на 13 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 146 сторінок, обсяг основного тексту – 106 сторінок. Робота містить 30 рисунків та 5 таблиць.

У вступі обґрунтовані актуальність теми, мета та завдання роботи, наведені наукова новизна, практичне значення, особистий внесок дисертанта та апробація роботи. В основу дисертаційної роботи покладені результати, отримані автором під

час виконання наукових досліджень, проведених на кафедрі обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

У першому розділі наведено огляд літератури, пов'язаної із тематикою дисертаційного дослідження та обґрунтовано вибір напрямку власного дослідження.

У другому розділі проаналізовано застосування теорії оптимального розбиття множин для побудови узагальнених діаграм Вороного в умовах визначеності.

У третьому розділі обґрунтовано методи, засновані на теорії оптимального розбиття множин, та розроблено алгоритми побудови діаграм Вороного з нечіткими параметрами.

У четвертому розділі обґрунтовано методи, засновані на теорії нечітких задач оптимального розбиття множин, та розроблено алгоритми побудови діаграм Вороного з нечіткими клітинками.

Висновки по роботі чіткі, логічні і впливають із теоретичних та експериментальних даних, отриманих автором.

Проте до дисертаційної роботи є деякі **зауваження**.

1. У роботі використовується три метрики: евклідова, манхеттенська і Чебишова, дві з них є недиференційованими функціями. Як це впливає на розв'язання задачі настройки нечіткої моделі, а саме мінімізації середньоквадратичного відхилення експериментальних даних від розрахованих за моделлю, не зазначено.

2. При описі методу нейролінгвістичної ідентифікації (п. 3.1, с. 72) у співвідношеннях (3.2)-(3.5) не пояснено, як отримано оптимальні значення параметрів нечіткої моделі.

3. Не зрозуміло, навіщо в означенні нечіткого розбиття (означення 4.1, с. 91) вимагається опуклість множини Ω .

4. Було б доцільно більш детально висвітлити питання, чи будуть отримані числові розв'язки модельних задач стійкими по відношенню до збурень вхідних даних.

5. У тексті наявні деякі стилістичні помилки.

Висловлені зауваження не знижують позитивної оцінки дисертації в цілому, а також розроблених автором основних наукових положень, висновків та отриманих результатів проведених досліджень.

Зміст дисертації відповідає вимогам, що висуваються до наукових робіт такого рівня, а також вирізняється логічністю, послідовністю, системністю та обґрунтованістю. Текст дисертації є оригінальним. Структура дисертації цілком узгоджується з її назвою, метою і завданням дослідження. Зміст та результати роботи відповідають спеціальності 113 Прикладна математика.

Загальний висновок. З огляду на актуальність, новизну, важливість отриманих автором наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків, вважаю, що дисертаційна робота «Методи і алгоритми побудови нечітких діаграм Вороного на основі теорії оптимального розбиття множин» відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій», а також відповідає вимогам, передбаченим вимогам освітньо-наукової програми, яку успішно завершив здобувач, вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 зі змінами), а її автор Падалко Вадим Геннадійович може бути рекомендований для присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика.

Рецензент

професор кафедри обчислювальної
математики та математичної кібернетики
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
доктор фіз.-мат. наук, професор

Л.Л. Гарт

Підпис д.ф.-м.наук, проф. Гарт Л.Л. засвідчую

Вчений секретар
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара



Т.В. Ходанець