

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Падалки Вадима Геннадійовича

«Методи і алгоритми побудови нечітких діаграм Вороного на основі теорії оптимального розбиття множин»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 113 Прикладна математика

Дисертаційна робота Падалки Вадима Геннадійовича «Методи і алгоритми побудови нечітких діаграм Вороного на основі теорії оптимального розбиття множин» присвячена розробці та обґрунтуванню методів і алгоритмів побудови нечітких діаграм Вороного із застосуванням теорії оптимального розбиття множин із n -вимірного евклідового простору E_n на підмножини. Детальний аналіз дисертації дозволяє сформулювати наступні висновки щодо актуальності досліджень, наукової новизни та практичного і теоретичного значення отриманих результатів, а також оцінити їх ступінь апробації.

1. Актуальність обраної теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами

Математична теорія оптимального розбиття множин на сьогодні є потужним інструментом для розв'язання багатьох теоретичних і практично важливих задач, що зводяться в математичній постановці до неперервних задач оптимального розбиття множини з евклідового простору (лінійних або нелінійних, статичних або динамічних, детермінованих або стохастичних, в умовах визначеності або нечітких). Розв'язок ряду модельних задач зі згаданих класів часто призводить до математичних об'єктів, які мають назву діаграми Вороного або розбиття Діріхле. При цьому алгоритми розв'язання неперервних задач оптимального розбиття множин не залежить від розмірності евклідового простору E_n , який містить обмежену множину, що підлягає розбиттю на підмножини; не залежить від геометрії множини, що підлягає розбиттю; складність реалізації алгоритмів побудови діаграм

Вороного на основі методів теорії оптимального розбиття множин не збільшується при збільшенні кількості N точок-генераторів, а швидкодія допоміжних ітераційних процедур недиференційовної оптимізації дозволяє розв'язувати задачі великих розмірностей; алгоритми можуть бути застосовні до побудови не тільки діаграм Вороного заданої кількості точок-генераторів з фіксованим їх розташуванням, а й з оптимальним розміщенням цих точок в обмеженій множині простору E_n .

Діаграми Вороного, побудова яких вимагає врахування деяких невизначеностей, що не мають ймовірнісної природи, відносять до нечітких діаграм Вороного. В умовах неповної інформації про вхідні дані вони більш широкі, ніж детерміновані, з точки зору практичного застосування в сенсі адекватності реальним процесам. Тому розробка і обґрунтування методів і алгоритмів побудови нечітких діаграм Вороного є важливою і актуальною проблемою, дослідженню якої присвячена дисертація В.Г. Падалки.

Наголосимо на тому, що тема дисертаційної роботи В.Г. Падалки відповідає тематиці досліджень наукових тем «Теоретичні основи математичних моделей та методів дослідження складних систем» (2016-2018 р.р.), «Математичні моделі, методи та алгоритми розв'язання задач аналізу складних систем» (2019-2021 р.р.), які виконувалися на кафедрі обчислювальної математики та математичної кібернетики у відповідності з тематичними планами науково-дослідних робіт Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

2. Особистий внесок здобувача в отримані наукових результатів, наданих у дисертаційній роботі

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану науково проблеми і обґрунтуванні та розробленні основної ідеї і теми дисертації, формуванні мети і завдань дослідження; теоретичному обґрунтуванні і розробленні методів і алгоритмів побудови нечітких діаграм Вороного; якісному та кількісному аналізу результатів та їх інтерпретації; оформленні статей та доповіданні

результатів роботи на наукових конференціях. Результати розрахункових та теоретичних досліджень, які виносяться на захист, отримані автором самостійно.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації отримані та розроблені автором у результаті вивчення сучасних методів недиференційовної оптимізації, методів теорії оптимального розбиття та стану проблеми побудови діаграм Вороного та їх модифікацій.

4. Ступінь новизни результатів, їх теоретичне та практичне значення

В дисертаційній роботі набули подальшого розвитку теоретичні та практичні застосування теорії оптимального розбиття множин.

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;
- створено та програмно реалізовано нові ефективні алгоритми розв'язання вище названих задач.

Дістали 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;
- алгоритм побудови адитивно та мультиплікативно зважених діаграм Вороного при наявності нечітких параметрів із застосуванням нейронечітких технологій;
- алгоритм побудови діаграми Вороного з оптимальним розміщенням скінченної кількості N точок-генераторів в обмеженій множині з n -вимірною

евклідового простору при наявності нечітких параметрів із застосуванням нейронечітких технологій.

5. Практичне значення отриманих результатів

Розроблені в роботі методи й алгоритми на основі нейронечітких технологій та модифікацій r -алгоритму Н.З. Шора 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.

Результати дисертаційної роботи можуть бути впроваджені в навчальному процесі та при виконанні курсових та дипломних робіт студентами кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики факультету прикладної математики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

6. Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації

Результати досліджень автора пройшли апробацію і дістали позитивну оцінку на міжнародних та вітчизняних науково-практичних конференціях.

Матеріали дисертації достатньо повно опубліковано у 12 друкованих роботах, зокрема 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 робота у виданні, що індексується науково-метричною базою Scopus.

Зазначені публікації з достатньою повнотою розкривають основний зміст дисертаційної роботи.

7. Аналіз основного змісту роботи

У *вступі* обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, а також сформульовано мету та завдання роботи, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами університету; визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, відображена наукова новизна та практична цінність результатів дослідження; особистий внесок здобувача.

У *першому розділі* наведено огляд різних видів діаграм Вороного, а також указані предметні області їх застосування. Обґрунтовано вибір методів

теорії оптимального розбиття множин у якості математичного апарату для побудови діаграм Вороного, який має ряд переваг у порівнянні з відомими підходами, описаними в науковій літературі. Враховуючи сучасний стан розглянутої проблеми сформульовано основні завдання дисертаційного дослідження.

У *другому розділі* проаналізовано можливості методів теорії оптимального розбиття множин для побудови діаграм Вороного в умовах визначеності. Переваги цієї теорії показано на прикладах побудови стандартної діаграми Вороного та її узагальнень, діаграми Вороного скінченної кількості точок-генераторів, оптимально розміщених в обмеженій множині та діаграми Вороного з обмеженнями на потужності точок-генераторів.

У *третьому розділі* обґрунтовано застосування методів теорії оптимального розбиття множин до побудови діаграм Вороного (узагальненої діаграми, адитивно та мультиплікативно зважених діаграм) з нечіткими параметрами та розроблені алгоритми їх побудови. Ефективність розроблених алгоритмів показано на прикладах розв'язання модельних задач.

Четвертий розділ присвячений обґрунтуванню методів, заснованих на теорії нечітких задач оптимального розбиття множин, та розробці алгоритмів побудови діаграм Вороного з нечіткими комірками, як із заданими координатами точок-генераторів, так і з відшукуванням координат їх оптимального розміщення.

Завершується робота висновками, які впливають зі змісту роботи, є логічними та віддзеркалюють основні результати дисертаційної роботи.

8. Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку використаних літературних джерел із 117 найменувань та додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 146 сторінках, містять 30 рисунків та 5 таблиць.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Викладення матеріалу дисертації є логічним і

відповідає вимогам до наукових праць, а зміст роботи висвітлює основні результати наукових досліджень.

9. Зауваження щодо змісту дисертації

В результаті розгляду дисертаційної роботи є наступні зауваження:

1. При побудові діаграм Вороного з нечіткими параметрами бажано було б приділити увагу висвітленню питання багатоекстремльності цільового функціоналу.

2. У дослідженні використовувався тільки один вид функцій належності (дзвонові), чи не звужує це клас задач, що досліджуються? Чому не використовувалися трикутні, трапецієподібні функції належності?

3. Для характеристичної функції $\lambda_i(x)$ у формулі (2.7) на с. 49 необхідно було б пояснити чи існує зв'язок з функцією $\mu_i(x)$, формула (4.3) на с. 97. Якщо існує, то який?

4. Не зовсім зрозуміло при побудові оптимального розбиття чіткої множини на нечіткі підмножини які види функцій належності (трикутні, трапецієподібні, гаусові) використовувалися та чи залежить результат оптимального розбиття від їх виду.

5. Усі модельні задачі в роботі приведені для множини Ω з E_2 , тобто на площині, чи означає це, що результати можна застосувати тільки для плоских множин.

Однак, зроблені зауваження не носять принципового характеру, не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи і не можуть істотно вплинути на загальну позитивну оцінку дисертації.

10. Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

Дисертаційна робота Падалко В.Г. на тему «Методи і алгоритми побудови нечітких діаграм Вороного на основі теорії оптимального розбиття множин» повністю відповідає спеціальності 113 Прикладна математика.

11. Загальні висновки

В цілому, дисертаційна робота Падалки Вадима Геннадійовича є завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Отримані науково обґрунтовані теоретичні та числові результати утворюють нову ланку досліджень теорії оптимального розбиття множин, які є підґрунтям для подальшого розвитку сучасних підходів застосування теорії оптимального розбиття множин до інших актуальних прикладних задач, чим саме формують нові розділи загальної теорії нескінченновимірного математичного програмування.

Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків, дисертаційна робота Падалки Вадима Геннадійовича «Методи і алгоритми побудови нечітких діаграм Вороного на основі теорії оптимального розбиття множин», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика відповідає встановленим вимогам відповідно наказу 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 № 44 від 12 січня 2022 р. зі змінами від 21.03.2022), а її автор Падалко Вадим Геннадійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри математичного
моделювання та штучного інтелекту
Національного аерокосмічного
університету ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

