

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Жидкова Володимира Олександровича

на тему «**Методи негладкої оптимізації для побудови кривих у натуральній параметризації та виявлення дефектів на структурованих зображеннях**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

у галузі знань 11 «Математика та статистика»

за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

Актуальність теми дисертації

Методи негладкої оптимізації знаходять своє застосування у великій кількості задач, які виникають в сучасних областях людської діяльності. В першу чергу, це задачі штучного інтелекту та машинного навчання, оскільки функції втрат часто є негладкими та складаються з великої кількості однотипних доданків. Також ці методи активно використовуються в задачах прогнозування та ідентифікації, побудови та моделювання складних геометричних та інженерних об'єктів, теорії оптимального розбиття множин, задачах транспортування та логістики тощо.

Однією з важливих та актуальних прикладних областей досліджень, де застосування методів недиференційовної оптимізації є затребуваним, є побудова кривих у натуральній параметризації. Натуральна параметризація дозволяє уникнути нерівномірностей у дискретизації, які можуть призводити до чисельних нестабільностей, втрати точності або візуальних артефактів, особливо при інтерполяції, аналізі кривини чи оптимізації форм. Принципово іншою, однак не менш важливою задачею, де методи негладкої оптимізації відіграють одну з ключових ролей, є пошук дефектів у різного роду структурах, зокрема регулярних та періодичних. Виявлення дефектів дозволяє своєчасно діагностувати пошкодження, контролювати якість виробництва та оптимізувати структури для заданих функцій.

Формулювання задач у вигляді моделей негладкої оптимізації не лише дозволяє точніше моделювати ті чи інші процеси, а й застосовувати для їхнього розв'язання ефективні методи мінімізації недиференційовних функцій, зокрема різні модифікації r -алгоритмів. Такі методи часто демонструють співставні з існуючими аналогами або навіть кращі результати. Саме тому дослідження та розвиток вказаних методів є безумовно актуальною задачею.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Результати, представлені у дисертаційній роботі Жидкова Володимира Олександровича, є добре аргументованими як з теоретичного, так і з прикладного погляду. Текст дисертації містить більше 120 пронумерованих формул, що свідчить про широке застосування математичного апарату в процесі досліджень, а також ґрунтовно проведений аналіз результатів чисельних експериментів. Наукові положення дисертаційної роботи, висновки та рекомендації викладено послідовно, вони є актуальними та обґрунтованими.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що в рамках проведених досліджень розроблено низку нових методів та алгоритмів негладкої оптимізації для побудови кривих у натуральній параметризації та виявлення дефектів на регулярних та періодичних зображеннях. Зокрема, вперше побудовано програмний засіб, який дозволяє проявляти дефекти, використовуючи аналіз одного зображення з мінімальною додатковою інформацією про досліджуваний об'єкт. Для розроблених методів наведено належне обґрунтування, а їхня ефективність підтверджується результатами проведених обчислювальних експериментів.

Практичне значення розроблених методів та алгоритмів полягає в тому, що розроблені методи та алгоритми можна використовувати для розв'язання великої кількості сучасних інженерних задач моделювання, профілювання турбінних лопаток авіаційних двигунів, покращення газодинамічних властивостей поверхонь, які моделюються, а також розв'язання цих задач з заданою точністю за оптимальний час.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Жидкова Володимира Олександровича повністю відповідає Стандарту вищої освіти за спеціальністю 113 Прикладна математика та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Прикладна математика».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Жидкова В.О. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело. Ті джерела, з якими дисертація має найвищий показник подібності, є статтями дисертанта, написаними в співавторстві та самостійно. Перелік робіт, які висвітлюють основні положення дисертації, наведено на сторінках 8 та 9, а особистий внесок здобувача в колективні роботи – на сторінці 16.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота Жидкова Володимира Олександровича написана українською мовою та оформлена відповідно до чинних нормативних вимог, що висуваються до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії.

Матеріал дисертації добре структурований, а кожен розділ поділений на логічні та зрозумілі підрозділи, які містять опис моделей та алгоритмів, отримані теоретичні результати та їхнє строге обґрунтування, опис програмного коду реалізованих алгоритмів, представлення та аналіз результатів тестових та обчислювальних експериментів.

Дисертація складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку літератури та одного додатку. Загальний обсяг дисертації 159 сторінок. Дисертація включає 29 рисунків та 13 таблиць, що свідчить про достатній рівень презентації та аналізу одержаних результатів.

У *вступі* автор обґрунтовує актуальність обраної тематики, формулює мету, основні завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також розкриває наукову новизну, прикладну значущість отриманих результатів і загальні методологічні засади, що стали основою виконання роботи.

У *першому розділі* автор виконав огляд літератури за темою дисертації, у якому достатньо повно відображено сучасний стан підходів та методів виявлення дефектів на зображеннях різного роду, а також методів побудови кривих в натуральній параметризації. Огляд містить посилання на роботи провідних авторів та новаторів у відповідній області. На основі огляду літератури автор обґрунтовує актуальність обраної тематики, формулює мету та основні завдання проведення дослідження.

У *другому розділі* досліджено метод негладких штрафних функцій для задач опуклого програмування з урахуванням випадку, коли цільова функція визначена не на всьому просторі змінних.

У *третьому та четвертому розділах* розроблено математичні моделі та алгоритми для задачі побудови кривих, які проходять через дві задані точки із заданими кутами нахилу дотичних та значень кривини. Представлено опис

програмних реалізацій розроблених алгоритмів та обчислювальних експериментів, які показали ефективність розроблених алгоритмів.

У *п'ятому розділі* сформульовано оптимізаційні задачі для знаходження найкращих за L_p -нормою параметрів регулярних 3D-структур і методи найменших модулів та найменших квадратів для їх розв'язання. Наведено результати обчислювальних експериментів для програмних реалізацій методів на основі r - алгоритму.

У *шостому розділі* розроблено новий алгоритм пошуку дефектів у періодичних структурах за допомогою порівняння експериментальних та ідеалізованих зображень, та представлено загально застосовне алгоритмічне рішення, яке дозволяє аналізувати зображення та виявляти дефекти, порівняно або навіть краще за людину-оператора.

У *висновках* стисло перелічено основні досягнення, отримані в рамках дослідження.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертаційної роботи достатньо повно викладено в 11 наукових публікаціях, з яких чотири статті опубліковано у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 113 Прикладна математика, два підрозділи опубліковано у колективній монографії, дві статті опубліковано в матеріалах конференцій, які індексуються в наукометричних базах Web of Science/Scopus, а також одну статтю та двоє тез доповідей опубліковано в матеріалах міжнародних наукових та науково-практичних конференцій.

Апробація результатів дисертації здійснена на чотирьох міжнародних наукових та науково-практичних конференціях, зокрема COIA 2020 (Баку, Азербайджан) та ICOER 2019 (Дрезден, Німеччина). Також отримані результати доповідались здобувачем на засіданні відділу методів негладкої оптимізації Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України 25 квітня 2025 року.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Дисертаційне дослідження справляє загалом позитивне враження, однак, як і будь-яке наукове дослідження, не позбавлене окремих недоліків, які можуть бути враховані у подальшій науковій діяльності автора:

1. Бракує пояснень стосовно вибору саме квадратичного та кубічного розподілу кривини (розділи 3 та 4).

2. Недостатньо обґрунтовано масштабуюче перетворення. Доцільно надати певну інформацію про його властивості (розділ 4).

3. Недостатньо досліджена робастність алгоритму щодо афінних перетворень вихідного зображення, зокрема відносно повороту зображення. Як правило, алгоритми розпізнавання очікуються стійкими до нього (розділ 5).

4. Доцільно навести більш детальний опис роботи власне оптимізаційного алгоритму (розділ 6).

Вважаю, що вказані зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота Жидкова Володимира Олександровича на тему «Методи негладкої оптимізації для побудови кривих у натуральній параметризації та виявлення дефектів на структурованих зображеннях», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, яке має істотне значення на розвиток методів побудови кривих в натуральній параметризації та виявлення дефектів у структурах різного виду. Робота не порушує принципів академічної доброчесності, а її автор продемонстрував наукову зрілість та обізнаність в області прикладної математики. Дисертація за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною відповідає вимогам чинного законодавства України, а саме «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасуванню рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року.

Здобувач Жидков Володимир Олександрович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційний опонент:

професор кафедри математичного моделювання та статистики
Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана,
доктор фізико-математичних наук,
професор

