

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Головченка Максима Миколайовича

на тему «Методи та програмні засоби багатовимірної поліноміальної регресії за надлишковим описом на основі побудови одновимірної регресії з використанням ортогональних поліномів Форсайта»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертації.

Актуальність досліджень рецензованої дисертаційної роботи впливає з того, що досі не існує визнаний єдиний універсальний метод побудови статичної моделі досліджуваного об'єкту, що функціонує під дією випадкових факторів. Сформульована проблема належить до розділу математичної статистики, а саме регресійного аналізу. Можна погодитись з висновком автора, що кожен з існуючих універсальних методів побудови багатовимірної регресії має своє обмеження і фактично ці методи доповнюють один одного.

Проблема вибору універсального методу на сьогоднішній день при розв'язанні конкретної задачі є неформалізованою і як наслідок, не існує конструктивної методології вибору універсального методу побудови багатовимірної регресії, що гарантує її ефективний розв'язок. Відповідно не існує і універсальних програмних засобів ефективного побудови одновимірних та багатовимірних поліноміальних регресій. Усі існуючі універсальні методи можна умовно поділити на дві категорії: класичні статистичні методи та евристичні методи.

Розробка та дослідження нових універсальних методів, які комбінують властивості класичних та евристичних підходів і розробка на їх основі відповідних програмних засобів, залишається актуальною і важливою як в теоретичному, так і в прикладному плані.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

– **вперше** розроблено синтетичний метод побудови багатовимірної поліноміальної регресії, заданої надлишковим описом, що відрізняється від існуючих тим, що органічно поєднує риси класичного методу (теоретично обґрунто-

вані випадки, в яких оцінка коефіцієнтів при нелінійних членах знаходиться з заданою точністю) з ефективністю евристичних методів (знаходження структури регресії з використанням перевіркою послідовності в модифікованому методі групового урахування аргументів, що входить в склад синтетичного методу), а також включає в себе метод побудови одновимірної поліноміальної регресії на основі довільного повторного активного експерименту з використанням лише одного набору нормованих ортогональних поліномів Форсайта, декомпозиційний метод оцінки коефіцієнтів при нелінійних членах багатовимірної поліноміальної регресії з наперед заданою точністю, що багатовимірну задачу зводить до послідовної побудови відповідних одновимірних поліноміальних регресій.

– **вперше** обґрунтовано можливість знаходження нормованих ортогональних поліномів Форсайта з наперед заданою точністю, яка досягається за рахунок представлення даних у вигляді раціональних дробів та застосування до них символічних обчислень, що дозволяє отримати оцінки коефіцієнтів при нелінійних членах багатовимірної поліноміальної регресії, значення яких відповідають теоретично виведеним умовам.

– **вперше** приведено теоретичне обґрунтування зменшення обчислювальної складності програмного забезпечення реалізації методу найменших квадратів на основі повторних експериментів, що полягає в заміні операцій з матрицями повного активного експерименту операціями з матрицями основного експерименту суттєво меншої розмірності.

– **вперше** запропоновано архітектуру кроссплатформної бібліотеки для реалізації синтетичного методу та його складових, яка дозволяє використовувати її компоненти, як окремо, так і в цілому для розв'язання прикладних задач побудови регресійних моделей.

Достовірність та обґрунтованість наукових результатів у даній роботі ґрунтуються на строгих теоретичних положеннях, які були розроблені та доведені автором, а також на статистично достовірних результатах експериментальних досліджень. Автор вдало використовує принципи теорії ймовірностей, регресійного аналізу, теорії матриць, математичного моделювання у програмній інженерії, що вказує на професійний підхід та компетентне використання доступних методів та засобів.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі інформатики та програмної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках наукової групи ФІОТ-03 під керівництвом професора кафедри інформатики та програмної інженерії, д.т.н, професора Павлова Олександра Анатолійовича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання побудови достатньо точної структури багатовимірної поліноміальної регресії та знаходження оцінок її коефіцієнтів 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 Головченка М.М. повністю відповідає Стандарту вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми третього (освітньо-наукового) рівня «Інженерія програмного забезпечення».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача в науковий напрям «Створення нових ефективних методів побудови багатовимірної поліноміальної регресії і на їх основі обґрунтованого ефективного програмного забезпечення».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Головченка М.М. 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.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана грамотною українською мовою, рукопис відповідає встановленим вимогам до оформлення та подання друкованих робіт наукового характеру. Науковий текст дисертації викладений логічно та послідовно, відповідає чинним вимогам до оформлення дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. У кожному розділі дисертації автор дотримується наукового стилю та використовує загальноприйнятту наукову термінологію з відповідної предметної області.

Дисертація складається з анотації, написаної українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 84 найменувань на дев'яти сторінках та чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 185 сторінок, з яких 128 сторінок основного тексту, містить 23 рисунки та 24 таблиці.

У вступі автор обґрунтував актуальність проблеми наукового дослідження, сформулював мету і задачі дослідження, об'єкт і предмет дослідження, наукову новизну отриманих в дисертаційній роботі результатів та їх практичне значен-

ня. Також наведено зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами та дані щодо апробації результатів дисертації.

Перший розділ містить опис моделей регресійного аналізу, які частіше використовуються на практиці та їх особливості застосування, критичний аналіз відомих класичних точних та евристичних методів побудови багатовимірної поліноміальної регресії, порівняльний аналіз існуючих програмних продуктів, зокрема, спеціалізованого програмного забезпечення та програмних бібліотек. В кінці розділу автор обґрунтовує мету дослідження та перелік задач, що необхідно розв'язати в рамках дисертаційної роботи.

У другому розділі детально викладено основні теоретичні положення запропонованого нового синтетичного методу побудови багатовимірної поліноміальної регресії, заданої надлишковим описом. Зокрема описані декомпозиційний метод знаходження оцінок невідомих коефіцієнтів багатовимірної поліноміальної регресії при нелінійних членах з заданою точністю та модифікація евристичного методу групового урахування аргументів, що є складовими синтетичного методу. Крім того викладені нові теоретичні положення, що стосуються методу побудови одновимірної поліноміальної регресії, який необхідний для коректної роботи декомпозиційного методу.

Третій розділ містить опис ключових складових програмної реалізації синтетичного методу, до яких відносяться конструювання частини програмного забезпечення побудови нормованих ортогональних поліномів Форсайта та знаходження їх коефіцієнтів з необхідною точністю, дослідження ефективності алгоритмів, що реалізують операції з матрицями в методі найменших квадратів та експериментальне обґрунтування доцільності використання розпаралелювання алгоритмів для виконання базових операцій над матрицями у основній формулі методу найменших квадратів. Крім того, теоретично обґрунтовано використання лише матриць основного експерименту при розробці програмного забезпечення реалізації модифікованого методу групового урахування аргументів з повтором основного експерименту.

Четвертий розділ присвячений розробці кроссплатформної бібліотеки, що реалізує запропонований синтетичний метод. Описані всі етапи життєвого циклу програмного забезпечення, включаючи аналіз вимог, аналіз інструментів розробки, аналіз архітектур програмного забезпечення, опис програмного інтерфейсу, опис архітектури програмного забезпечення, конструювання програмного забезпечення, тестування програмного забезпечення та опис процесу розгортання програмного забезпечення. В кінці розділу детально і на високому професійному рівні виконані дослідження ефективності запропонованого синтетичного методу.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 7 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Аналіз наведених публікацій показує, що в них повністю висвітлені основні результати дисертаційної роботи. В усіх публікаціях дотримуються принципи академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

- 1) Недостатньо проведений аналіз методів побудови регресій з використанням штучних нейронних мереж;
- 2) Наведений в другому розділі приклад реалізації синтетичного методу використовує область зміни аргументів симетричний відносно 0 і не ілюструє теоретичну доведену можливість використання методу при односторонній області значень вхідних змінних;
- 3) В дисертаційній роботі показано як побудувати коефіцієнти нормованих ортогональних поліномів Форсайта з точними значеннями заданою кількістю розрядів після коми, але не приведені рекомендації по обґрунтуванню цієї величини;
- 4) У кроссплатформній бібліотеці назви функцій, що входять до програмного інтерфейсу, не є інтуїтивно зрозумілими;
- 5) Кроссплатформна бібліотека, що реалізує синтетичний метод побудови багатовимірної поліноміальної регресії, без додаткових маніпуляцій може використовуватись лише у мові програмування Python.

Вважаю, що висловлені 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 здобувача ступеня доктора філософії Головченка Максима Миколайовича на тему «Методи та програмні засоби багатовимірної поліноміальної регресії за надлишковим описом на основі побудови одновимірної регресії з використанням ортогональних поліномів Форсайта» ви-

конана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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.

Здобувач Головченко Максим Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

доцент кафедри інформаційних систем
та технологій КПП ім. Ігоря Сікорського,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент



Олена Гавриленко
Олена ГАВРИЛЕНКО
ЗАСВІДОЧУЮ
Відділ кадрів і архівної справи
О.П. Сидоренко
підпис пр-ще

«30» січня 2024 року