

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Орехова Олександра Станіславовича

на тему

«Математичні моделі для обробки інформації з метрик коду JAVA-застосунків для оцінювання їх розміру»,

яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 – «Інформаційні технології»

за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Тема дисертаційного дослідження здобувача є актуальною, оскільки спрямована на підвищення достовірності обробки інформації з метрик коду JAVA-застосунків для оцінювання параметра їх розміру на ранніх стадіях розробки програмного забезпечення (ПЗ) шляхом побудови відповідних нелінійних регресійних моделей та створення інструментарію інформаційної технології для їх практичного застосування.

Достовірне оцінювання розміру програмних застосунків на ранніх етапах проєктування безпосередньо впливає на якість прогнозування трудомісткості, бюджету та часу розробки, що є ключовою умовою успішності ІТ-проєктів. Підвищення достовірності таких оцінок досягається використанням параметричних моделей, які враховують фактори середовища – мову програмування та категорію проєкту. Мова Java є однією з найпоширеніших у сучасній індустрії розробки ПЗ та широко застосовується у створенні веб-, мобільних і корпоративних застосунків, при цьому вона побудована на парадигмах об'єктно-орієнтованого програмування та забезпечує тісну сумісність з UML-діаграмами класів. Це дозволяє отримувати метрики коду вже на етапі концептуального проєктування. Також активне впровадження технологій Data Science (DS) та Machine Learning (ML) формує окрему категорію Java-застосунків, які потребують врахування у відповідних моделях оцінювання.

З огляду на це, дослідження у сфері обробки інформації з метрик коду для оцінювання розміру програмних застосунків має не лише наукову

цінність, а й відповідає сучасним викликам в сфері управління проєктами з розробки ПЗ, що робить це дослідження особливо значущим для подальшого розвитку інформаційних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів

Оцінюючи здобутки дисертаційного дослідження, варто вказати на наступні результати, що мають певну наукову новизну та були отримані автором особисто:

- Удосконалено чотирьохфакторну нелінійну регресійну модель для обробки інформації з метрик коду для оцінювання параметра розміру JAVA-застосунків залежно від загальної кількості класів та інтерфейсів (CLASS), загальної кількості унікальних викликів методів у класах (RFC), середнього значення кількості зв'язків між класами (aCBO) та середнього значення кількості видимих (public та protected) методів на клас (aVMQ) на основі п'ятивимірного перетворення Бокса-Кокса, що дозволило підвищити достовірність оцінювання параметра розміру таких застосунків як негаусівської випадкової величини у порівнянні з існуючими регресійними моделями. Модель, що побудована, у порівнянні з іншими моделями має більший відсоток прогнозованих значень, менше значення середньої величини відносної похибки та менші ширини інтервалу передбачення нелінійної регресії.

- Вперше побудовано п'ятифакторну нелінійну регресійну модель для обробки інформації з метрик коду для оцінювання параметра розміру JAVA-застосунків на основі шестивимірного перетворення Бокса-Кокса, в якій, на відміну від існуючих моделей, було розділено метрику загальної кількості класів та інтерфейсів (CLASS) на дві окремі метрики, а саме кількість класів (CLS) та кількість інтерфейсів (INFC), що дозволило підвищити достовірність обробки інформації з метрик коду для оцінювання параметра розміру в порівнянні з існуючими математичними моделями. Модель, що побудована, в порівнянні з іншими регресійними моделями, має кращі показники якості R^2 ,

MMRE та *PRED(0,25)* та менші ширини інтервалу передбачення та довірчого інтервалу нелінійної регресії.

– Вперше побудовано п'ятифакторну нелінійну регресійну модель для обробки інформації з метрик коду для оцінювання параметра розміру DS та ML JAVA-застосунків на основі шестивимірного перетворення Бокса-Кокса, в якій, на відміну від існуючих моделей, було розділено метрику загальної кількості класів та інтерфейсів (CLASS) на дві окремі метрики коду кількості класів (CLS) та інтерфейсів (INFC) та враховано особливості розробки цієї категорії застосунків, що дозволило підвищити достовірність обробки інформації з метрик коду для оцінювання параметра розміру у порівнянні із використанням одновимірного та п'ятивимірного перетворень Бокса-Кокса. Модель, що побудовано, в порівнянні з іншими регресійними моделями, має більший відсоток прогнозованих значень, менше значення середньої величини відносної похибки та менші ширини інтервалу передбачення та довірчого інтервалу нелінійної регресії.

– Отримали подальший розвиток рівняння для визначення границь інтервалів передбачення п'ятифакторної нелінійної регресії для загальних JAVA-застосунків та DS і ML JAVA-застосунків на основі шестивимірних нормалізуючих перетворень Бокса-Кокса. Це у порівнянні з використанням п'ятивимірних перетворень Бокса-Кокса дозволяє зменшити ширини інтервалів передбачення нелінійних регресій для оцінювання параметра розміру відповідних програмних застосунків і тим самим підвищити достовірність оцінювання зазначеного розміру як залежної випадкової величини.

Структура та зміст основних положень дисертаційної роботи

Дисертаційна робота включає вступ, чотири основні розділи, висновки, список використаних джерел, що містить 107 найменувань, а також 8 додатків. Загальний обсяг роботи складає 223 сторінки, з яких основний текст займає 133 сторінки. Робота містить 5 рисунків та 44 таблиці.

У вступі розкрито сутність та значущість науково-практичного завдання, сформульовано науково-практичну проблему, яка розв'язується у дисертації, обґрунтовано актуальність дослідження, визначено мету, основні завдання, наукову новизну, практичну цінність отриманих результатів, представлено відомості про апробацію та публікації за темою роботи.

Перший розділ дисертації присвячений аналізу існуючих методів та моделей для обробки інформації з метрик коду для оцінювання розміру JAVA-застосунків. Сформовано набори даних метрик коду з JAVA-застосунків. Обґрунтовано необхідність проведення подальших досліджень у напрямку підвищенню достовірності обробки інформації з метрик коду для оцінювання розміру JAVA-застосунків на ранніх стадіях проєктування програмного забезпечення.

Другий розділ містить аналіз взаємозворотних нормалізуючих перетворень і вибір оптимальних перетворень для побудови п'ятифакторних нелінійних регресійних моделей на основі шестивимірних характеристик метрик коду JAVA-застосунків.

Третій розділ присвячений побудові негаусівських ймовірнісних моделей у вигляді чотирьохфакторної нелінійної регресійної моделі та п'ятифакторних нелінійних регресійних моделей для обробки інформації з метрик коду для оцінювання розміру JAVA-застосунків із застосуванням багатовимірних нормалізуючих перетворень на основі загальної вибірки JAVA-застосунків, вибірки DS і ML JAVA-застосунків, побудові їх довірчих інтервалів та інтервалів передбачення.

У четвертому розділі запропоновано інформаційну технологію для обробки інформації з метрик коду для оцінювання розміру JAVA-застосунків на початкових етапах проєктування програмних застосунків за метриками діаграми класів, розроблено SaaS-рішення мовою Kotlin та засобами фреймворку Spring Boot, а також створено інструкції для користувачів.

Представлена дисертаційна робота за структурою та змістом відповідає тексту дисертації. Матеріал викладено чітко та лаконічно, формулювання

відповідають загальноприйнятій термінології в галузі інформаційних технологій. Отримані положення, наукові та практичні результати, узагальнення і висновки повністю відповідають темі роботи та її меті, розкривають суть вирішеної наукової задачі та завдань дослідження.

Практичне значення одержаних результатів

Завдяки розробленому інструментарію інформаційної технології для оцінювання параметру розміру рядків коду JAVA-застосунків, реалізованому за допомогою мови програмування Kotlin, вдалося підвищити достовірність обробки інформації для оцінювання параметру розміру відповідних JAVA-застосунків на ранніх стадіях їх розробки, що підтверджується актами впровадження ІТ у ТОВ «Н-ІКС ДЕЛІВЕРІ» та ФОП Поліщук Андрій Борисович, а також використанням у навчальному процесі Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проєктами (ННІКНУП) Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова. Зокрема, результати дослідження застосовуються під час викладання дисциплін: «Керування проєктними ресурсами в інженерії програмного забезпечення» в ОП «Інженерія програмного забезпечення» для 2-го магістерського рівня ВО, спеціальності 121 (F2) «Інженерія програмного забезпечення», галузі знань 12 (F) «Інформаційні технології»; «Основи програмної інженерії» в ОП «Інженерія програмного забезпечення» для 1-го бакалаврського рівня ВО, спеціальності 121 (F2) «Інженерія програмного забезпечення», галузі знань 12 (F) «Інформаційні технології»; «Моделювання систем цифрового екологічного моніторингу» в ОП «Цифровий екологічний моніторинг» для 2-го магістерського рівня ВО, спеціальності E2 «Екологія», галузі знань E «Природничі науки, математика та статистика».

Дисертацію виконано в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова (НУК) відповідно до плану науково-дослідних робіт за ініціативною темою «Математичні моделі обробки інформації з метрик коду для оцінювання параметра розміру JAVA-застосунків на ранніх етапах

розробки програмних проєктів» (Державний реєстраційний номер: 0125U002663).

Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих працях

Аналіз наукових публікацій та особистого внеску здобувача у кожному з них підтверджує, що всі результати роботи отримано самостійно, і вони повною мірою відображають основні тези та висновки дисертації. Ці результати були широко представлені у наукових публікаціях та на науково-практичних конференціях.

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в 18 наукових працях. Серед них 4 статті опубліковані в наукових журналах, що на момент публікації входили до переліку наукових фахових видань України та 1 одноосібний розділ у колективній монографії. До публікацій, які засвідчують апробацію дисертації належать 3 статті конференцій, що індексуються в базах даних Scopus (за винятком видань з держав, визнаних Верховною Радою України державами-агресорами) та 9 публікацій матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій. До праць, які додатково відображає наукові результати дисертації належить 1 розділ в колективній монографії у співавторстві. Окремо слід зазначити, що здобувачем, отримано 1 свідоцтво на авторське право на комп'ютерну програму.

Усі публікації безпосередньо пов'язані з темою дисертації та розкривають її основні положення. Факти порушення академічної доброчесності не виявлені. Обсяг та кількість друкованих праць відповідають вимогам, установленим Міністерством освіти і науки України для здобуття ступеня доктора філософії.

Дотримання академічної доброчесності

Аналіз дисертаційної роботи та наукових публікацій автора підтвердив відповідність вимогам академічної доброчесності. Згідно з результатами перевірки тексту дисертації електронним сервісом Identific від 17.03.2026

року, порушень академічної доброчесності не виявлено. Усі використані здобувачем наукові положення та результати інших дослідників правильно оформлені з належними посиланнями на першоджерела, що свідчить про дотримання принципів академічної етики та коректного наукового цитування.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Тема дисертації повністю відповідає її змісту та проведеним дослідженням. Результати дисертаційного дослідження мають високий рівень наукової обґрунтованості та чітко відповідають заявленій темі дослідження. У дисертаційній роботі послідовно викладено результати проведених досліджень. Зокрема, проведено аналіз сучасних моделей та методів для обробки інформації з метрик коду JAVA-застосунків для оцінювання їх розміру та доцільності їх використання в методах оцінювання трудомісткості розробки програмного забезпечення. Здобувачем зібрано набори даних з метрик коду JAVA-застосунків достатнього обсягу для проведення дослідження за обраною темою. Обґрунтовано вибір наборів метрик коду для подальшої побудови математичних моделей. Через порівняння різних методів нормалізації доведено доцільність використання багатовимірного перетворення Бокса-Кокса для наближення розподілу даних до нормального.

У роботі представлено розробку нелінійних регресійних моделей для обробки інформації з метрик коду для оцінювання розміру JAVA-застосунків із застосування методів теорії ймовірності, математичної статистики та регресійного аналізу. Експериментальні дослідження показали правильність теоретичних результатів.

Наукова обґрунтованість отриманих результатів базується на використанні загальновизнаних методів математичного моделювання та статистичного аналізу.

Здобуті результати підтверджують теоретичну обґрунтованість дослідження та демонструють здатність здобувача успішно застосовувати наукові методи при обробці багатовимірних даних та побудові, аналізі й

практичній реалізації регресійних моделей. Робота вирізняється чіткою структурою і методологічною строгістю, що підтверджує високий рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Дисертаційне дослідження виконане на високому науковому рівні, проте окремі його аспекти могли б бути більш детально опрацьовані.

1) У роботі використовується широкорозповсюджені терміни «гаусівський розподіл» та «негаусівський розподіл», але їх формальне визначення не подано. Оскільки це одне з ключових понять дослідження, було б доцільно навести його визначення.

2) В роботі має місце певна понятійна неузгодженість: метою заявлено «підвищення достовірності», проте оцінювання проводиться за критеріями «якості» та «точності» регресійних моделей. Оскільки висока якість моделі є необхідною, але недостатньою умовою для високої достовірності кінцевих результатів, доцільно чіткіше обґрунтувати зв'язок між цими поняттями, наприклад, зазначити, що «висока якість та адекватність регресійної моделі є одним із ключових факторів забезпечення високої достовірності підсумкового оцінювання розміру застосунків

3) У роботі вживається формулювання «критерії якості», хоча порівняння оцінок параметру розміру за допомогою нелінійних регресійних моделей здійснюється за критеріями, які представляють також ймовірність та точність. Було б доречно виокремити ці поняття.

4) В роботі побудовані дві окремі математичні моделі для оцінювання параметра розміру загальних JAVA-застосунків та Data Science та Machine Learning JAVA-застосунків. Було б доречно додатково обґрунтувати необхідність побудови двох математичних моделей спираючись не тільки на теоретичну складову, а і на відмінності в характеристиках вибірок.

Попри вказані недоліки, робота демонструє цілісність наукового підходу, а отримані результати є обґрунтованими та мають наукову і

прикладну цінність. Викладені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Висновок

Дисертаційна робота Орехова Олександра Станіславовича є самостійним науковим дослідженням, яке присвячене підвищенню достовірності обробки інформації з метрик коду для оцінювання розміру JAVA-застосунків на ранніх стадіях проектування ПЗ за рахунок побудови нелінійних регресійних моделей на основі наборів метрик коду проєктів з відкритим кодом. У роботі представлено аналіз існуючих підходів до оцінювання параметра розміру ПЗ та порівняння результатів якості оцінювання параметра розміру на основі сучасних наборів даних метрик коду сучасних JAVA-застосунків із використання існуючих математичних моделей, що стало підставою для розробки нових моделей, що сприяють покращенню результатів розпізнавання. Дисертаційна робота є результатом наукового дослідження, яке виконано на високому методологічному рівні. Автор продемонстрував здатність до самостійної наукової роботи, ефективно застосовуючи сучасні методи дослідження в обраній темі. Процес дослідження було послідовно побудовано, що забезпечило отримання обґрунтованих та нових результатів.

Робота має чітку структуру, викладена науковим стилем, і містить аргументовані висновки, що підтверджують новизну і значущість проведеного дослідження. Усі наукові положення викладені коректно, і кожен розділ роботи завершується відповідними висновками, що відображають досягнуті результати.

Дисертація виконана в межах заданої теми, що чітко визначена на початку дослідження. Робота містить низку нових наукових результатів, які підтверджуються експериментальними даними та відповідають вимогам інформаційних технологій. Всі отримані результати відповідають меті та

завданням дослідження, що забезпечує цілісність і логічну послідовність роботи.

Наукові публікації здобувача відповідають вимогам, визначеним для присудження наукового ступеня доктора філософії. Вони відображають основні результати дослідження, а також демонструють розуміння та вміння застосовувати методи наукового аналізу.

Дисертаційна робота відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019) та Постанові Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024), що висуваються до дисертації, поданої на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор, Орехов Олександр Станіславович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 – «Інформаційні технології».

Офіційний опонент

завідувач кафедри математичного
забезпечення комп'ютерних систем
Одеського національного університету
імені І. І. Мечникова,
доктор технічних наук, професор



Євгеній МАЛАХОВ

*Підпис доктора технічних наук,
професора Євгенія Малахова
завідуючого*

