Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U002422

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-06-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гулевич Михайло Володимирович
2. Mykhailo V. Hulevych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0003-8622-3271

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 123

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерна інженерія

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерна інженерія

Дата захисту: 24-07-2026

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика

Місце роботи здобувача: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 00000000

Місцезнаходження: ------, Київ, 00000, Україна

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 14672

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.02, 20.55.01

Тема дисертації:

1. Метод формування тестових сценаріїв для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням.
2. A method of test case formation for C++ libraries based on a Q-learning agent.

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі щодо розробки методу формування тестових сценаріїв (ТС) для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням. Об’єкт дослідження – процес формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням. Предмет дослідження – методи, моделі та алгоритми формування ТС для C++ бібліотек із збереженням (зростанням) гілкового покриття коду бібліотеки, яка тестується, відносно оригінальних ТС та мінімізацією тестового набору (ТН). Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності тестування програмного забезпечення (ПЗ) шляхом формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням. У першому розділі проведено аналіз особливостей тестування C++ бібліотек, а також сучасних підходів щодо формування ТС для C++ бібліотек. Виявлено обмеженість існуючих методів формування ТС для C++ бібліотек. Показано необхідність у використанні навчання з підкріпленням для формування ТС для C++ бібліотек. Сформульовано завдання

дослідження. У другому розділі проведено дослідження математичних моделей формування ТС для C++ бібліотек та алгоритмів оптимізації параметрів ТС. Показано їх обмеженість у покращенні показників покриття ТС. Удосконалено математичну модель жадібного алгоритму формування ТС для C++ бібліотек, яка враховує майбутню корисність дії ТС у функції вибору дії ТС за правилом softmax. Удосконалено алгоритм дельта-дебаггінг мінімізації ТС для C++ бібліотек, який при формуванні груп дій ТС враховує спеціальний критерій не унікальності дій для перевірки їх надлишковості. У третьому розділі розроблено математичну модель формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням, яка описує стан агента з урахуванням суфіксів ТС різної довжини, коефіцієнта впливу коротших суфіксів ТС під час оновлення функції корисності та урахування узагальненої Q-оцінки під час вибору наступної дії. Удосконалено алгоритм навчання агента з Q-навчанням та розроблено алгоритм формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням. Розроблено метод формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням. У четвертому розділі проведено оцінку ефективності: – удосконаленої математичної моделі жадібного алгоритму формування ТС для C++ бібліотек; – удосконаленого алгоритму дельта-дебаггінг мінімізації ТС для C++ бібліотек; – запропонованого методу формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням. У висновках наведено основні результати дисертаційної роботи та підтверджено досягнення поставленої мети. Отримано такі наукові результати: 1) удосконалено математичну модель жадібного алгоритму формування ТС для C++ бібліотек, яка на відміну від класичної відрізняється тим, що у функції вибору враховується майбутня корисність дії ТС та застосовується правило softmax для вибору дії, що дозволяє отримати стабільно високий коефіцієнт стиснення ТС при збереженні (зростанні) гілкового покриття коду бібліотеки, яка тестується, відносно оригінального ТН; 2) вперше розроблено математичну модель формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням, яка описує стан агента з урахуванням суфіксів ТС різної довжини, коефіцієнта впливу коротших суфіксів ТС під час оновлення функції корисності та урахування узагальненої Q-оцінки під час вибору дії, що дозволяє підвищити ефективність навчання агентів у розрідженому просторі станів; 3) вперше розроблено метод формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням, який заснований на використанні розробленої математичної моделі та удосконаленого алгоритму дельта-дебаггінгу мінімізації ТС для C++ бібліотек, що дозволяє збільшити гілкове покриття коду бібліотеки, яка тестується, відносно оригінального ТН та скоротити час на виконання ТН, тим самим підвищити ефективність тестування ПЗ. Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному: – удосконалена і розроблена математична модель та метод у дисертації є основою для розробки алгоритмічного та програмного забезпечення для формування ТС для C++ бібліотек; – застосування удосконаленої і розробленої математичної моделі та методу дозволяє досягти коефіцієнта збереження покриття до 1,225, при стисненні ТН з коефіцієнтом стиснення до 0,86. За результатами дослідження підтверджено практичну та теоретичну цінність удосконаленої і розробленої математичної моделі та методу, надано практичні рекомендації щодо їх застосування та розглянуто перспективи подальшого розвитку. Результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальному процесі кафедри комп'ютерної інженерії та програмування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» та навчальному процесі кафедри комунікаційних систем та мереж Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут. Ключові слова: метод, математична модель, інформаційна система, комп'ютерна система, тестовий сценарій, тестовий набір, C++ бібліотека, агент з Q-навчанням, програмне забезпечення, алгоритм, вхідні дані, оптимізація, дефект, прийняття рішень, оцінка.

2. The dissertation addresses the relevant scientific problem of developing a method of test case (TC) formation for C++ libraries based on a Q-learning agent. The object of research is the process of forming TC for C++ libraries based on a Q-learning agent. The subject of research is methods, models and algorithms of TC formation for C++ libraries while preserving (or increasing) the branch coverage of the tested library code with respect to the original TCs and the test suite (TS) minimization. The purpose of the dissertation is to improve the efficiency of software testing using TC formation for C++ libraries based on a Q-learning agent. The first chapter analyzes the specific C++ libraries testing features, modern TC formation approaches and related methods. Limitations of existing TC formation methods for C++ libraries are identified. The need for reinforcement learning in TC formation is justified.

The research tasks are formulated. The second chapter investigates mathematical models of TC formation and TC parameters optimization algorithms for C++ libraries. Their limitations in test coverage metrics improvement are identified. An improved mathematical model of the greedy algorithm of TC formation for C++ libraries is proposed. Unlike the classical model, it accounts for the future utility of a TC action in the softmax action choice function. An improved delta debugging algorithm of TC minimization for C++ libraries is proposed. It applies a special non-uniqueness criterion when forming action groups for redundancy checking. In the third chapter, the mathematical model of TC formation for C++ libraries based on a Q-learning agent is developed. The model represents the agent's state based on TC suffixes of different lengths, introduces a coefficient that controls the influence of shorter suffixes during utility function updates, and accounts for a generalized Q-value during selection of the next action. An improved Q-learning training algorithm and a TC formation algorithm based on a Q-learning agent are developed. A method of TC formation for C++ libraries based on a Q-learning agent is developed using the proposed mathematical model and the improved delta debugging algorithm. The fourth chapter evaluates: – the improved mathematical model of the greedy TC formation algorithm for C++ libraries; – the improved delta debugging TC minimization algorithm for C++ libraries; – the proposed method of TC formation for C++ libraries based on a Q-learning agent. The conclusions summarize the main results of the dissertation and confirm the achievement of the research objective. The following scientific results were obtained: 1) the mathematical model of the greedy TC formation algorithm for C++ libraries has been improved. Unlike the classical model, it accounts for the future utility of a TC action in the softmax action choice function, which enables a consistently high compression ratio of TCs while preserving (or increasing) the branch coverage of the tested library relative to the original TS; 2) for the first time, a mathematical model of TC formation for C++ libraries based on a Q-learning agent has been developed. The model represents the agent's state using TC suffixes of different lengths, incorporates a coefficient that controls the influence of shorter suffixes during utility function updates, and accounts for a generalized Q-value during action selection. This approach improves learning efficiency in sparse state spaces of the Q-learning agent; 3) for the first time, a method of TC formation for C++ libraries based on a Q-learning agent has been developed. The method is based on the proposed mathematical model and the improved delta debugging algorithm. It enables an increase in branch coverage of the tested library relative to the original TS while reducing the execution time of the TS, which improves overall software testing efficiency. The practical significance of the obtained results is that the improved and newly developed mathematical model and the proposed method provide a foundation for the development of algorithmic and software tools for TC formation for C++ libraries. The proposed approach achieves a coverage retention coefficient of up to 1.225 while compressing the TS with a compression ratio of up to 0.86. The research confirms the practical and theoretical value of the proposed solutions and outlines prospects for further research. The results were implemented in the educational process of the Department of Computer Engineering and Programming of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" and the Department of Communication Systems and Networks of the Military Institute of Telecommunications and Information Technologies named after the Heroes of Kruty. Keywords: method, mathematical model, information system, computer system, test case, test suite, C++ library, Q-learning agent, software, algorithm, input data, optimization, defect, decision-making, evaluation.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Коломійцев О., Гулевич М., Дмітрієв О., Левченко А., Балабуха О. Оцінювання ефективності вдосконалених жадібного й дельта-дебагінг алгоритмів оптимізації тестових сценаріїв для C++ бібліотек.

Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. Харків: ХНУРЕ, 2026. № 1(35). С. 39–54. https://doi.org/10.30837/2522-9818.2026.1.039 (Україна, категорія А).

- 2. Semenov S., Kolomiitsev O., Hulevych M., Mazurek P., Chernyk O. An intelligent method for C++ test case synthesis based on a Q-learning agent. Applied Sciences. Basel: MDPI, 2025. Vol. 15. No. 15. Art. 8596. https://doi.org/10.3390/app15158596 (Switzerland, Scopus, Q2).
- 3. Hulevych M. CIDER: Assisted automation tool for C++ libraries testing. Control, Navigation and Communication Systems. Полтава: НУПП, 2024. Vol. 2. No. 76. P. 74–77. https://doi.org/10.26906/sunz.2024.2.074 (Б).
- 4. Hulevych M., Kolomiitsev O. Automated test generation techniques for C++ software. Control, Navigation and Communication Systems. Полтава: НУПП, 2025. Vol. 2. No. 80. P. 102–107. https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.2.102 (Б).
- 5. Hulevych M. Evaluation of the effectiveness of the test scenarios forming method for C++ libraries based on a Q-learning agent. Management Information Systems and Devices. Харків: ХНУРЕ, 2025. No. 187. P. 20–46. https://doi.org/10.30837/0135-1710.2025.187.020 (Б).
- 6. Kolomiitsev O., Hulevych M. A method of test case formation for C++ libraries based on a Q-learning agent. Scientific Approaches to the Development of IT Technologies / Edited by O. Kolomiitsev. Boston, USA: International Science Group, Primedia eLaunch, 2026. P. 118–162. https://doi.org/10.46299/979-8-90383-421-1.3
- 7. Черних О. П., Гулевич М. В. Напівавтоматизована генерація сценаріїв для тестування програмного забезпечення. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2023, 17–20 травня 2023 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2023. С. 1215. https://ndch.kpi.kharkov.ua/wp-content/uploads/2025/01/Zbirnik-tez-MicroCAD-2023.pdf
- 8. Chernykh O., Hulevych M. Imitation machine learning for method call sequence generation tasks. Інформатика, управління та штучний інтелект: тези 11-ї міжнародної науково-технічної конференції (ІУШІ-2024), 09–12 травня 2024 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2024. С. 155. https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/5d577c0e-dba9-4ef4-b73a-6876c4c03125/download
- 9. Chernykh O., Hulevych M. Hybrid reinforcement learning-based technique for software testing automation. Інформатика, управління та штучний інтелект: тези 12-ї міжнародної науково-технічної конференції (ІУШІ-2025), 14–16 травня 2025 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2025. С. 116. https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/27cdd9e0-1db3-4323-949c-40c00db6d6c7/download
- 10. Hulevych M. An intelligent method for C++ test case synthesis based on a Q-learning agent. Проблеми інформатики та моделювання: тези 25-ї міжнародної науково-технічної конференції (ПІМ-2025), 25–28 вересня 2025 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2025. С. 44. https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/ad140b01-8f09-41c9-ad5b-4f9107d42894/download
- 11. Hulevych M. A mathematical model for generating test scenarios for C++ libraries based on an agent using q-learning. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези XVI міжнародної науково-технічної конференції, 29–30 квітня 2026 року. Харків: НТУ «ХПІ», 2026. С. 173. https://doi.org/10.32620/ICT.26.t2
- 12. Kolomiitsev O., Hulevych M., Heiko H., Vlasov A. Method of intellectual formation of test scenarios for C++ libraries based on q-learning agent. Випробування і сертифікація озброєння та військової техніки: тези доповідей 25-ї науково-технічної конференції, 25 вересня 2025 р. Черкаси: ДНДІ ВС ОВТ, 2025. С. 110–111. https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstreams/562bb81a-0c44-4d31-bae6-774b46634a58/download
- 13. Коломійцев О. В., Гулевич М. В., Красношапка І. В., Коробецький О. В., Лернатович А. М., Бердочник А. Д., Чебаков О. М., Чемерис В. О., Шкорупський В. М., Чебакова О. Б., Воробйов О. Г. Особливості застосування методів автоматизованої генерації тестів для програмного забезпечення C++. Grail of Science. 2025. № 54. С. 527–542. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.18.07.2025.060
- 14. Коломійцев О. В., Гулевич М. В., Меленті Д. А., Поринос Є. В., Каменецький В. О., Костащук М. В., Сапон В. О., Сургай В. М., Кушнір В. С., Рязанцев С. С., Хроль Л. О., Салогор В. Ю. Метод формування

тестових сценаріїв для бібліотек програмного забезпечення, яке написано на мові програмування C++ на основі Q-learning агента. Grail of Science. 2025. № 56. С. 329–352. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.09.2025.041

- 15. Коломійцев О. В., Гулевич М. В., Собора А. І., Лільчицький В. І., Коломієць Б. І., Харченко О. Л., Ясинський О. М., Богдан С. І., Коломієць В. В., Трифоненко К. Ю., Хроль Л. О., Шендрик В. І. Особливості застосування розробленого інструменту CIDER для автоматизації тестування бібліотек програмного забезпечення, яке написано на мові програмування C++. Grail of Science. 2025. № 55. С. 476–488. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.22.08.2025.057
- 16. Коломійцев О. В., Гулевич М. В., Чекунова О. М., Бречко В. О., Ячна І. Г., Василець Д. О., Бердочник А. Д., Лук'янов Д. А., Підлісний О. Д., Фелді С. Ф., Кувшинова О. С. Особливості підходів щодо автоматизованої генерації тестових сценаріїв. Grail of Science. 2025. № 57. С. 576–596. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.10.2025.060

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коломійцев Олексій Володимирович

2. Oleksii Kolomiitsev

Кваліфікація: д. т. н., професор, 20.02.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8228-8404

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57211278112

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Можаєв Олександр Олександрович

2. Olexandr Mozhayev

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1412-2696

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет внутрішніх справ

Код за ЄДРПОУ: 08571096

Місцезнаходження: пр-т Л. Ландау, Харків, Харківський р-н., 61080, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство внутрішніх справ України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Косенко Віктор Васильович

2. Viktor V. Kosenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4905-8508

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190443921; https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=Y93d7YEAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

Код за ЄДРПОУ: 02071100

Місцезнаходження: проспект Віталія Грицаєнка, Полтава, Полтавський р-н., 36011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 0554d9k40

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Поворознюк Анатолій Іванович

2. Anatolii I. Povoroznyuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2499-2350

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55225664000; https://www.webofscience.com/wos/author/record/2204478; https://scholar.google.com/citations?user=g6S23QsAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Леонов Сергій Юрійович
2. Serhii Y. Leonov

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0698-1538

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=V4UPJc4AAAAJ&hl=uk

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Заковоротний Олександр Юрійович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Заковоротний Олександр Юрійович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Гулевич Михайло Володимирович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна