

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації**

Тарасіч Юлії Геннадіївни

**на тему «Статичний аналіз лінійно визначених програм і його
застосування»**

на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань за спеціальністю 12 Інформаційні технології за спеціальністю
121 Інженерія програмного забезпечення

1. Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми дисертаційної роботи Тарасіч Ю.Г., присвяченої, дослідженню та розробці методів створення моделей ефективних програмних систем статичного аналізу програм та математичних моделей об'єктних програм для статичного аналізу, дослідженню математичних методів та розробці ефективних алгоритмів комп'ютерної алгебри статичного аналізу програм не викликає сумніву.

Все більш актуальною стає проблема пошуку компромісу між підвищенням надійності розроблюваних програмних засобів (ПЗ) і ефективним використанням ресурсів. Однією з основних задач, які виникають у процесі розробки програмних засобів є забезпечення їх якості, що зумовлює необхідність розробки нових ефективних методів та засобів автоматичного тестування, які б дозволяли за реальний час визначити та попередити якомога більшу кількість дефектів ПЗ. Для визначення відповідності розроблюваного програмного продукту критеріям якості до складу життєвого циклу програмного забезпечення включають стадії або процеси верифікації та валідації програмного забезпечення. Особливо актуальними на сьогодні є використання інструментів призначених для пошуку помилок у програмному коді не потребуючих безпосереднього виконання програми – інструментів статичного аналізу. Основною проблемою є відсутність універсального статичного аналізатору, який би поєднував швидкий час виконання з якісною перевіркою коду на відповідність вимогам. «Швидкі» аналізатори обмежуються перевіркою стилістичних правил та не дозволяють знаходити інші помилки. Аналізатори, які здійснюють глибокий аналіз враховуючи потік управління та контекст, потребують великої кількості часу та ресурсів, мають високу вартість та є недоступними для більшості розробників. Зокрема, таким системам статичного аналізу притаманні використання різних математичних моделей об'єктних програм та їх вузька спеціалізація.

Дослідження, присвячені статичному аналізу, ведуться у вітчизняних та зарубіжних наукових організаціях (ІК ім. В.М. Глушкова, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, ІСП РАН, МДУ, Stanford University, та ін.) і дослідницьких центрах провідних промислових компаній (Samsung, Intel, Microsoft, HP, та ін.). Незважаючи на це, на даний момент не існує загальноприйнятої мови

формального визначення правил і моделі правил, не розроблено єдиної системи їх класифікації та відсутні швидкі універсальні аналізатори.

Відповідно, розробка інструментів статичного аналізу програм, а отже, і відповідних алгоритмів статичного аналізу залишається відкритою проблемою.

2. Зв'язок теми дисертації з науковими програмами, планами, темами університету та кафедри.

Дослідження є елементом держбюджетної науково-дослідної роботи № 4/16-18 «Методи комп'ютерної алгебри та інсерційного моделювання в системах статичного аналізу і верифікації програмного забезпечення» - 0115U001128. Термін виконання - 2016-2018 рр.

3. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій.

Основні наукові положення, висновки, рекомендації дисертаційної роботи мають належне теоретичне, методологічне та емпіричне обґрунтування. Це зумовлено, зокрема дослідженням здобувачкою значної кількості вітчизняних та зарубіжних джерел, які відповідають темі дисертації.

Дисертаційна робота Тарасіч Ю.Г. має цілісну концептуальну будову, яка включає комплексне дослідження методів створення моделей ефективних програмних систем статичного аналізу програм та ефективних алгоритмів комп'ютерної алгебри статичного аналізу програм, а саме - дослідження методів та функціональності існуючих систем статичного аналізу програм та інструментів доказу, а також теоретичний аналіз результатів досліджень з теорії програмних інваріантів, що включає аналіз математичних моделей програм та алгоритмів комп'ютерної алгебри що використовуються у теорії програмних інваріантів.

Основні наукові положення, висновки та практичні рекомендації базуються на матеріалах власних досліджень автора, логічно витікають з матеріалів дисертації і є науково обґрунтованими, чітко сформульованими та містять нові важливі науково-практичні узагальнення.

Структура дисертаційного дослідження логічна, послідовна і у повному обсязі розкриває тему.

4. Наукова новизна одержаних результатів.

Відповідно до поставленої мети в дисертаційній роботі обґрунтовано ряд наукових положень, висновків та рекомендацій, які становлять наукову новизну. Серед найбільш суттєвих наукових результатів дисертації на особливу увагу заслуговують такі:

— Уперше представлено новий метод визначення канонічної форми ЛПФ, що володіє властивістю єдиності та іншими корисними властивостями, а також алгоритм її побудови.

— Уперше реалізовано алгоритм побудови канонічних форм логічних формул засобами інсерційного моделювання (система інсерційного моделювання IMS).

— Набуло подальшого розвитку дослідження проблеми пошуку інваріантів циклів, а саме, - дисертанткою наведено алгоритм обчислення основних інваріантів лінійного оператора жорданової клітинки та алгоритм обчислення основних інваріантів діагоаналізуемого лінійного оператора з непривідним мінімальним характеристичним поліномом та представлено новий метод доказу інваріантності системи лінійних нерівностей і завершення деяких лінійних ітераційних циклів імперативних програм, дані яких є елементами конструктивного лінійно впорядкованого поля.

Достовірність та обґрунтованість отриманих здобувачкою результатів визначається правильно обраними методологічними підходами, достатнім використанням наукового та емпіричного матеріалу. Кількість та якість використаних матеріалів, докладність їх аналізу створює передумови для забезпечення достатнього рівня достовірності дисертаційної роботи.

5. Наукове і практичне значення результатів дослідження.

Запропоновані методи доказу та генерації інваріантних рівностей та доказу інваріантних нерівностей може бути покладено в основу загального алгоритму доказу інваріантності системи лінійних нерівностей та поліноміальних рівностей для лінійно-визначених програм.

Практичне значення наукових результатів полягає в можливості застосування наукових положень і висновків дослідження в задачах верифікації програмного забезпечення, зокрема, запропоновані алгоритми можуть бути інтегровані в спеціалізовані програмні системи верифікації формальних моделей програм.

Застосування даного підходу у верифікації матиме вагомий вплив на підвищення ефективності та надійності програмного забезпечення, що розробляється, що є особливо важливим при проектуванні та розробці медичної апаратури, військової техніки, технологій розподіленого реєстру (Distributed Ledger Technology), тощо. В останніх публікаціях автора відображено застосування методів формальної верифікації, зокрема методів статичного аналізу, та використання систем верифікації формальних моделей програм до верифікації моделей токеноміки, нормативно-правових документів.

Зважаючи на вищесказане, результати дослідження можна рекомендувати для розробки та вдосконалення спеціалізованих програмних систем верифікації формальних моделей програм.

Методи формальної верифікації можуть також бути застосовані не тільки для покращення якості програмного забезпечення, але й для доведення ефективності, пошуку шляхів покращення для будь-яких бізнес-процесів, економічних моделей, представлених у формалізованому вигляді.

Результати дослідження можуть бути включені до навчально-методичного забезпечення відповідних навчальних курсів студентів ІТ

спеціальностей у вигляді лекційних матеріалів, методичних рекомендацій, тощо.

6. Повнота опублікування результатів дисертації та особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами та зарахованих за темою дисертації.

Основні наукові положення, висновки та отримані результати повною мірою висвітлені у 7 роботах, з яких 7 статей, 1 – стаття у вітчизняному збірнику наукових праць категорії «А», 5 – у міжнародних виданнях, які індексуються наукометричною базою даних Scopus, 1 – тези, опубліковані в матеріалах міжнародної наукової конференції:

Публікації 1-4 присвячено висвітленню отриманих результатів дослідження, 5-7 – апробації отриманих результатів, зокрема застосування формальних методів до верифікації моделей програм, економічних моделей (моделі токеноміки), тощо.

1. Michael Lvov, Yuliia Tarasich The Static Analysis of Linear Loops// CEUR Workshop Proceedings, 2015, pp. 366-381

Особистий внесок здобувачки полягає в аналізі та описі основних результатів проблеми доказу та генерації поліноміальних інваріантних рівностей, визначенні нових засобів та алгоритмів статичного аналізу програм, а саме - нового алгоритму доказу інваріантних нерівностей.

2. M. Lvov, V. Peschanenko, O. Letychevskyi, Yu. Tarasich The canonical forms of logical formulas off the data types // Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем: матеріали міжнародної наукової конференціїб, 2016 (тези)

Особистий внесок здобувачки полягає у представленні нових алгоритмів обчислення канонічної форми логічних формул над перелічуваним та множинним типами даних.

3. Lvov, M., Peschanenko, V., Letychevskyi, O., Tarasich, Y. The canonical forms of logical formulae over the data types and their using in programs verification // CEUR Workshop Proceedings, 2017, 1844, pp. 536–554

Особистий внесок здобувачки полягає у стислому огляді засобів спрощення формул, представленні нового алгоритму обчислення канонічної форми логічних формул над упорядкованими типами даних.

4. Lvov, M., Peschanenko, V., Letychevskyi, O., Tarasich, Y., Baiev, A. Algorithm and Tools for Constructing Canonical Forms of Linear Semi-Algebraic Formulas // Cybernetics and Systems Analysis, 2018, 54(6), pp. 993–1002

Особистий внесок здобувачки полягає в тестуванні засобів спрощення формул та аналізі їх основних функціональних особливостей; представленні нового алгоритму побудови канонічних форм лінійних напівалгебраїчних формул.

5. Letychevskyi, O., Peschanenko, V., Radchenko, V., Poltoratskyi, M., Tarasich, Y. Formalization and algebraic modeling of tokenomics projects // CEUR Workshop Proceedings, 2019, 2393, pp. 577–584

Особистий внесок здобувачки полягає у застосуванні розроблених алгоритмів для моделювання визначених задач.

6. Letychevskiy, O., Peschanenko, V., Poltoratskiy, M., Tarasich, Y.. Our Approach to Formal Verification of Token Economy Models // Communications in Computer and Information Science, 2020, 1175 CCIS, pp. 348–363

Особистий внесок здобувачки полягає у застосуванні розроблених алгоритмів для моделювання визначених задач.

7. Letychevskiy, O., Peschanenko, V., Poltoratskiy, M., Tarasich, Y.. Platform for Modeling of Algebraic Behavior: Experience and Conclusions.// CEUR Workshop Proceedings, 2020, pp. 42–57

Особистий внесок здобувачки полягає у застосуванні розроблених алгоритмів для моделювання визначених задач.

Основні наукові положення та висновки дисертаційної роботи неодноразово доповідалися та обговорювалися на науково-практичних конференціях міжнародного рівня.

У друкованих роботах здобувача достатньо повно відображені сутність основних отриманих результатів виконаного дослідження та їх наукова новизна. Публікації відповідають вимогам до наукових статей, встановлених МОН України.

Основні наукові положення та висновки чітко сформульовано, відповідно поставленим задачам наукової роботи.

7. Відомості про апробацію результатів дисертації.

Основні положення дисертації оприлюднено на:

— Міжнародній науковій конференції ICTERI (Львів, 2015 р., форма участі - очна),

— Міжнародній науковій конференції Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем (Київ, 2016 р.),

— Міжнародній науковій конференції сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку (Київ, 2017 р., форма участі - очна),

— Міжнародній науковій конференції ICTERI (Київ, 2017 р., форма участі - очна),

— Міжнародній науковій конференції ICTERI (Херсон, 2019 р., форма участі - очна),

— Міжнародній науковій конференції ICTERI (Харків, 2020 р., форма участі - очна).

8. Відповідність дисертації вимогам, що передбачені пунктом 10 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії.

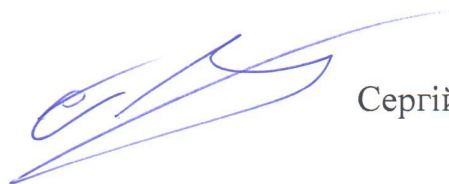
Дисертаційна робота Тарасіч Ю.Г. на тему: «Статичний аналіз лінійно визначених програм і його застосування» на здобуття наукового ступеня

доктора філософії за спеціальністю 12.121 Інженерія програмного забезпечення, є теоретичним узагальненням і новим вирішенням наукової проблеми – дослідження та розробки методів створення моделей ефективних програмних систем статичного аналізу програм та математичних моделей об'єктних програм для статичного аналізу, дослідженні математичних методів та розробці ефективних алгоритмів комп'ютерної алгебри статичного аналізу програм шляхом розробки та впровадження нових засобів та алгоритмів статичного аналізу програм, зокрема алгоритмів доказу інваріантних нерівностей та нових алгоритмів побудови канонічних форм лінійних напівалгебраїчних формул, що включає реалізацію алгоритму побудови канонічних форм лінійних напівалгебраїчних формул та дозволяє суттєво поліпшити результати роботи систем статичного аналізу програм.

Зважаючи на вищесказане, дисертація Тарасіч Ю.Г. за актуальністю, об'ємом і рівнем проведених досліджень, науковою новизною і практичною значимістю відповідає вимогам п.10 Постанови Кабінету Міністрів України «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», що пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 12.121 Інженерія програмного забезпечення та може бути представлена до захисту.

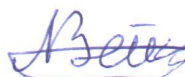
Рецензенти:

Доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інформатики,
програмної інженерії та
економічної кібернетики ХДУ



Сергій БАБІЧЕВ

Доцент кафедри інформатики,
програмної інженерії та
економічної кібернетики,
кандидат фіз.-мат. наук, доцент



Олександр ВЕЙЦБЛІТ

12.02.2021

