

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Сіроткіна Олексія Вікторовича

на тему **«Метод побудови паралельних чисельних моделей динамічних систем на базі протоколу реактивних потоків»**,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань
12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми дисертаційного дослідження зумовлена необхідністю створення ефективних методів паралельного моделювання, здатних відтворювати складну часову динаміку технічних, природних і інформаційних систем у багатопроцесорних та розподілених середовищах. Зі зростанням структурної складності моделей і обсягів даних традиційні схеми централізованої або жорстко синхронної координації обчислень виявляють обмежену придатність через втрату масштабованості та зниження швидкодії. Сучасні умови функціонування високопродуктивних систем вимагають переходу до реактивних, подієво керованих механізмів обміну, у яких інформаційні потоки й синхронізація процесів формуються саморегульованим чином. У цьому контексті побудова моделей, що поєднують формалізований опис динаміки у вигляді графів переходів із реалізацією на основі реактивних потоків, набуває особливої наукової значущості, оскільки забезпечує узгоджене відображення причинно-наслідкових зв'язків у динамічних системах та відкриває нові можливості для моделювання в енергетичних, кіберфізичних і інформаційно-аналітичних комплексах.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукові результати дисертаційного дослідження відзначаються належною обґрунтованістю, високим рівнем достовірності та вираженою науковою новизною. Обґрунтованість положень підтверджується логічною послідовністю викладення матеріалу, застосуванням сучасного математичного апарату та коректним використанням методів формального аналізу, чисельного моделювання і комп'ютерної верифікації. Достовірність результатів забезпечена узгодженням теоретичних висновків із результатами експериментальних досліджень, виконаних у середовищі паралельних обчислень із використанням реактивної архітектури, що дало змогу підтвердити стабільність функціонування розроблених алгоритмів та адекватність математичних моделей реальним процесам. Наукова новизна роботи полягає у створенні узагальненого підходу до побудови паралельних динамічних моделей на основі структурованих графів переходів, інтегрованих із реактивними потоками, що усуває обмеження традиційних синхронних схем і забезпечує підвищення ефективності моделювання у розподілених обчислювальних середовищах. Сукупність отриманих результатів формує цілісну концепцію, що

має теоретичне й практичне значення для подальшого розвитку методології паралельного моделювання складних систем.

Наукові дослідження були виконані здобувачем в Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України у відділі математичного і комп'ютерного моделювання під керівництвом член-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора Мохора Володимира Володимировича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання «розроблення методу побудови паралельних чисельних моделей динамічних систем на базі протоколу реактивних потоків» 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 **Сіроткіна О.В.** повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Комп'ютерні науки».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям “Комп'ютерні науки”.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота **Сіроткіна Олексія Вікторовича** 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 українською мовою.

Дисертація відзначається високим рівнем структурованості, логічною узгодженістю та послідовністю викладу, що забезпечує цілісність переходу від теоретичних положень до практичної реалізації. Кожен розділ утворює завершену частину єдиної системи, виклад відзначається науковою точністю, стислістю та коректним використанням термінології. Робота виконана в академічному стилі, що поєднує аналітичну строгість і культуру наукового письма.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 162 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження. Окреслено методологічну основу, що поєднує аналітичні, математичні й експериментальні методи, наведено огляд сучасного стану проблеми, сформульовано наукову новизну, практичну значущість та положення, винесені на захист.

У першому розділі виконано аналітичний огляд сучасних підходів до паралельного моделювання й синхронізації процесів. Систематизовано

класичні та сучасні концепції, імперативні, подієві, акторні й реактивні, визначено їх переваги й обмеження. Особливу увагу приділено консервативним і оптимістичним механізмам синхронізації, показано вплив координації подій на масштабованість симуляцій і сформульовано наукову проблему створення узагальненої моделі реактивної синхронізації.

У другому розділі розроблено теоретичну основу формальної моделі динамічних систем, побудованої на структурованих відношеннях між станами. Визначено поняття підстану, функції переходу та графа переходів, створено формальний апарат локальних переходів, що забезпечує декомпозицію та паралельне виконання моделі, а також обґрунтовано критерії її стабільності й узгодженості.

У третьому розділі представлено методологію побудови паралельної моделі на основі графа переходів. Запропоновано механізм її перетворення у виконувану обчислювальну структуру для розподілених і багатопроекторних систем. Обґрунтовано спосіб узгодження станів без централізованої синхронізації, розроблено архітектурну схему подієвої взаємодії та критерії ефективності моделювання.

У четвертому розділі подано практичну реалізацію моделі на базі бібліотеки Akka Streams, що забезпечує реактивну взаємодію, асинхронну обробку подій і масштабування. Наведено приклади програмної реалізації та результати експериментів, які підтверджують переваги запропонованого підходу над імперативними моделями, а також стійкість системи до асинхронних збурень.

У п'ятому розділі узагальнено результати дослідження та виконано порівняльний аналіз ефективності моделі щодо існуючих методів. Показано, що поєднання графів переходів із реактивною архітектурою підвищує продуктивність і масштабованість без втрати точності. Наведено приклади застосування до фізичних, технічних і кіберфізичних систем, сформульовано практичні рекомендації та перспективи подальших досліджень, пов'язаних з інтеграцією машинного навчання для динамічного керування потоками даних.

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 6 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Наукові публікації здобувача відображають високий рівень теоретичної підготовки, глибоке розуміння досліджуваної проблематики та послідовність наукового мислення, що характеризується системністю й логічною

узгодженістю. Опубліковані результати повністю корелюють із основними положеннями дисертаційної роботи, відтворюючи її концептуальну структуру та етапність реалізації. Статті автора опубліковано у фахових виданнях України за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» та в міжнародних журналах, індексованих у базах даних Scopus і Web of Science, зокрема у виданнях квартилів Q1–Q3 за класифікацією SCImago Journal and Country Rank / Journal Citation Reports, що свідчить про високий науковий рівень і академічну вагомість публікацій. Усі роботи виконані з дотриманням принципів академічної доброчесності, із коректним цитуванням джерел та належним зазначенням внеску співавторів. Особистий внесок здобувача є визначальним і полягає у формулюванні наукових задач, розробленні теоретичних моделей, побудові алгоритмів паралельного моделювання, проведенні експериментальних досліджень і аналітичному узагальненні отриманих результатів, що становить системоутворювальну основу наукових здобутків дисертації.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота характеризується високим науковим рівнем виконання, проте окремі аспекти доцільно розвинути у подальших дослідженнях, зокрема:

1. Доцільно надати більш розгорнуте порівняння запропонованого підходу з існуючими методами, зокрема багаторівневими ієрархічними моделями та агентно-орієнтованими системами, що дозволить повніше висвітлити переваги та обмеження розробленої методології.
2. Окремі аналітичні висновки можуть бути доповнені кількісними оцінками похибок, показниками часової складності алгоритмів або характеристиками масштабованості, що підвищить точність і практичну інтерпретацію отриманих результатів.
3. У практичній частині доцільно збільшити обсяг прикладів застосування методу до різних класів інженерних і технічних задач, що забезпечить додаткову прикладну глибину дослідження.

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 **Сіроткіна Олексія Вікторовича** на тему «**Метод побудови паралельних чисельних моделей динамічних систем на базі протоколу реактивних потоків**» виконана 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 інформаційних технологій. 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 **Сіроткін Олексій Вікторович** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

Провідний науковий співробітник відділу
моделювання енергетичних процесів і систем
ІМПЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України,
д.т.н., старший дослідник

Сергій ШЕВЧЕНКО