

**Відгук
офіційного опонента**

доктора технічних наук, професора, професора кафедри інформаційних систем та технологій Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

Корнаги Ярослава Ігоровича

на дисертаційну роботу **Колодюка Андрія Васильовича** на тему
**«МЕТОД УПОРЯДКОВАНОЇ ПАРАЛЕЛЬНОЇ ДОСТАВКИ ПОДІЙ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ Й МАСШТАБОВАНOSTI
МІКРОСЕРВІСНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ
АСИНХРОННОГО ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ ТА АНАЛІТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ»**,

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

1. Актуальність теми дисертації

Перехід індустрії програмного забезпечення до архітектур мікросервісного типу зробив подієво-орієнтовану взаємодію де-факто стандартом побудови масштабованих розподілених систем. Водночас саме на рівні доставки та обробки подій зосереджено найбільш складні інженерні компроміси: між паралелізмом і впорядкованістю, між продуктивністю та гарантіями коректності, між простотою транспортного рівня та потребою у відмовостійкості. Зростання обсягів подієвого трафіку і підвищення вимог до безперервності сервісів виводять ці компроміси у площину окремої наукової проблеми, що й визначає своєчасність обраної теми.

Слід наголосити, що проблематика дисертації не зводиться до інженерної оптимізації окремої системи. Поширена семантика «щонайменше один раз» об'єктивно спричиняє дублювання й перевпорядкування повідомлень, а збільшення кількості паралельних обробників руйнує локальну послідовність взаємозалежних подій. За часткових відмов інфраструктури до цього додається ризик втрати контексту незавершених розподілених транзакцій. Розв'язання цих питань у комплексі, а не ізольовано, становить самостійне науково-прикладне завдання, актуальне для широкого класу високонавантажених систем.

З урахуванням викладеного тема дисертаційного дослідження Колодюка А.В. є актуальною, відповідає сучасним тенденціям розвитку інженерії програмного забезпечення та має виражену практичну спрямованість.

2. Ступінь обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність

Наукові положення, сформульовані у дисертації, мають належний ступінь обґрунтування. Заслуговує на позитивну оцінку методологічна послідовність дослідження: від формалізації подієво-орієнтованої моделі – до синтезу методу, його аналітичного опису й архітектурної реалізації, з подальшою експериментальною перевіркою. Такий порядок викладу забезпечує внутрішню несуперечливість роботи, за якої кожне твердження логічно впливає з попередніх побудов.

Достовірність одержаних результатів підтверджується кількома незалежними чинниками. По-перше, коректністю застосованого математичного апарату – теорії масового обслуговування та системного аналізу при побудові аналітичної моделі, апарату теорії алгоритмів при описі механізмів упорядкування й відновлення. По-друге, узгодженістю аналітичних оцінок із результатами обчислювального експерименту. По-третє, використанням відтворюваної методики моделювання з фіксованими початковими станами генератора випадкових чисел та перевіркою значущості відмінностей непараметричними статистичними критеріями. Сукупність цих чинників дає підстави вважати висновки роботи достовірними.

Наукові положення є достатньо обґрунтованими та актуальними.

3. Повнота викладення основних результатів в опублікованих наукових працях

Основні наукові результати дисертації з достатньою повнотою відображено у 12 опублікованих працях, серед яких:

- 1 стаття у неперіодичному науковому виданні, що індексується наукометричною базою Scopus;
- 6 статей у фахових періодичних виданнях України, включених до переліку Категорії Б;
- 5 публікацій у збірниках матеріалів і тез наукових конференцій.

Результати дослідження пройшли апробацію на наукових конференціях і дістали схвальну оцінку наукової спільноти. У працях, підготовлених у співавторстві, особистий внесок здобувача чітко конкретизовано, а на захист винесено самостійно одержані автором результати. Кількість, рівень і тематична спрямованість публікацій є достатніми та засвідчують повноту оприлюднення основних положень роботи.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Теоретичне значення результатів дисертації. Дисертація розвиває теоретичні засади організації упорядкованої паралельної обробки подій у розподілених системах. Цінним з наукового погляду є те, що автор не обмежується описом методу, а підводить під нього аналітичну основу, яка пов'язує рівень паралелізму, накладні витрати та часові характеристики системи в єдину систему співвідношень. Це поглиблює розуміння природи масштабованості подієво-орієнтованих систем за семантики «щонайменше один раз».

Наукова новизна. До найвагоміших результатів слід віднести: метод упорядкованого паралелізму в межах логічного ключа, що реалізує контроль послідовності на прикладному рівні поверх брокера й поєднує локальну впорядкованість із паралелізмом незалежних потоків; аналітичну модель впливу паралелізму на продуктивність і латентність, яка вперше комплексно враховує повторну доставку, ідемпотентність, буферизацію, нерівномірність навантаження та резервний канал; удосконалену архітектуру безперервної доставки, що інтегрує метод і модель з механізмом транспортного резервування та збереженням стану розподілених транзакцій.

Практичне значення результатів дисертації. Прикладна значущість роботи підтверджується кількісними показниками: запропоновані рішення забезпечують детерміновану впорядкованість обробки, скорочують середній час відновлення після збою на 76% та підвищують ймовірність успішної доставки події до 99,79% за помірних накладних витрат. Результати доведено до програмної реалізації, що відображено у додатках, і впроваджено в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України та у навчальний процес Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, що засвідчено відповідними актами. Одержані метод, модель та архітектура можуть бути застосовані при проектуванні й модернізації високонавантажених мікросервісних систем різного галузевого призначення.

Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи «Підвищення ефективності процесу управління 3D принтером з використанням методів машинного навчання» (державний реєстраційний номер РК 0124U001849) кафедри технологій цифрового розвитку Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

5. Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам

Дисертаційну роботу побудовано відповідно до вимог, що висуваються до кваліфікаційних наукових праць. Текст викладено українською мовою в науковому стилі; коректно визначено мету та задачі, об'єкт і предмет дослідження, обґрунтовано актуальність і сформульовано наукову новизну. Структура роботи є логічно завершеною, а використані джерела відповідають її тематиці й оформлені згідно з чинними нормами. Викладене дозволяє стверджувати, що дисертація за змістом та оформленням відповідає вимогам до робіт за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» і є завершеним науковим дослідженням.

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Виконане дослідження відповідає принципам академічної доброчесності. Запозичення текстового та ілюстративного характеру супроводжуються коректними посиланнями на першоджерела, що дає підстави констатувати відсутність ознак академічного плагіату. Наукові положення, методичні та прикладні розробки, а також висновки одержано здобувачем особисто, що дозволяє кваліфікувати роботу як самостійну.

7. Дискусійні положення та зауваження

Не применшуючи загального позитивного враження від роботи, варто звернути увагу на певні дискусійні положення та зауваження.

1) У розділі 2 властивості коректності та живучості методу обґрунтовано переважно змістовно. Підвищенню строгості викладу сприяло б наведення формальних інваріантів або елементів формальної верифікації, що довели б збереження впорядкованості за будь-яких чергувань подій.

2) У розділі 3 аналітична модель отримана за низки припущень щодо характеру вхідного потоку. Доцільно було б чіткіше окреслити межі застосовності моделі – діапазони інтенсивності навантаження та ступеня нерівномірності розподілу ключів, за якими точність прогнозу залишається прийнятною.

3) В експериментальній частині (розділ 4) дослідження виконано для обмеженого набору рівнів паралелізму та кількості ключів. Переконливість висновків щодо масштабованості зросла б за умови оцінювання поведінки системи на ширшому діапазоні цих параметрів із наведенням довірчих інтервалів для всіх ключових показників.

8. Загальний висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Вивчення дисертації, її анотації та публікацій за темою дослідження дає підстави дійти висновку, що робота Колодюка Андрія Васильовича «Метод

упорядкованої паралельної доставки подій для підвищення стабільності й масштабованості мікросервісних систем на основі технологій асинхронного обміну повідомленнями та аналітичного моделювання» є самостійним, цілісним і завершеним кваліфікаційним дослідженням. Здобувачем одержано науково обґрунтовані результати – метод упорядкованого паралелізму, аналітичну модель продуктивності та архітектуру безперервної доставки, – які у сукупності розв'язують поставлене науково-прикладне завдання й забезпечують впорядкованість, ідемпотентність та безперервність обробки подій за умов часткових відмов.

Сформульовані положення, висновки та рекомендації є достовірними й належно аргументованими, що підтверджується коректністю застосованого математичного апарату та результатами обчислювального експерименту. Оpubліковані наукові праці у повному обсязі відображають зміст дисертації, її наукову новизну й практичну значущість.

Мета та завдання, поставлені у дисертаційній роботі в цілому досягнуті та вирішені. За змістом, оформленням, актуальністю, обґрунтованістю вирішення наукових проблем, рівнем наукової новизни, теоретичним та практичним значенням одержаних результатів представлена дисертаційна робота «Метод упорядкованої паралельної доставки подій для підвищення стабільності й масштабованості мікросервісних систем на основі технологій асинхронного обміну повідомленнями та аналітичного моделювання» повністю відповідає спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 03 лютого 2017 р. за № 155/30023, та «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, а її автор Колодюк Андрій Васильович заслуговує на присудження

ступеню доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
декан факультету інформатики та
обчислювальної техніки, професор
кафедри інформаційних систем та
технологій Національного технічного
університету України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

