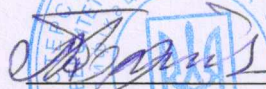


ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор Державного
університету інформаційно-
комунікаційних технологій


Олександр КОРЧЕНКО
2026 року

ВИТЯГ

з протоколу № 12 міжкафедрального наукового семінару
кафедри інженерії програмного забезпечення
Навчально-наукового інституту інформаційних технологій
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій
від «02» серпня 2026 року

ПРИСУТНІ:

16 осіб із 18 науково-педагогічних працівників кафедри:

завідувач кафедри доктор технічних наук, професор Замрій Ірина Вікторівна, професор кафедри, кандидат фізико-математичних наук, доцент Садовенко Володимир Сергійович, доцент кафедри, кандидат технічних наук Задонцев Юрій Вікторович, доцент кафедри, кандидат технічних наук Довженко Тимур Павлович, доцент кафедри, кандидат технічних наук, доцент Золотухіна Оксана Анатоліївна, доцент кафедри, кандидат технічних наук, доцент Яскевич Владислав Олександрович, доцент кафедри, доктор філософії (PhD) Залива Віталій Вікторович, доцент кафедри, доктор філософії (PhD) Худік Богдан Олександрович, старший викладач кафедри, доктор філософії (PhD) Коваленко Данило Сергійович, старший викладач кафедри Гаманюк Ігор Михайлович, викладач кафедри Шахматов Іван Олександрович, викладач кафедри Цапро Ігор Вікторович, асистент кафедри Колодюк Андрій Васильович, асистент кафедри Ярошевський Олександр Вікторович, асистент кафедри Аброскін Юрій Юрійович, асистент кафедри Глушкова Оксана Іванівна.

На науковому семінарі присутні аспіранти Колодюк Андрій Васильович, Цапро Ігор Вікторович, Миколаєнко Владислав Олександрович, Гашко Андрій Олександрович.

На науковий семінар запрошені директор навчально-наукового інституту інформаційних технологій, доктор технічних наук, професор Нестеренко Катерина Сергіївна, доцент кафедри технологій цифрового розвитку, кандидат технічних наук, доцент Сватко Віталій Володимирович, доцент кафедри технологій цифрового розвитку, кандидат технічних наук, Аронов Андрій Олексійович, доцент кафедри технологій цифрового розвитку, кандидат технічних наук, Ананченко Олексій Євгенович, доцент кафедри технологій цифрового розвитку доктор філософії (PhD) Герцюк Микола Модестович, завідувач кафедри інформаційних систем та технологій, доктор технічних наук,

професор Сторчак Каміла Павлівна, доцент кафедри інформаційних систем та технологій Полоневич Ольга Володимирівна, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії, кандидат технічних наук, доцент Лашевська Наталія Олександрівна, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Горошанко Ярослав Іванович, професор кафедри штучного інтелекту, доктор технічних наук, професор Чичкарьов Євген Анатолійович, доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, кафедри штучного інтелекту, кандидат технічних наук, доцент Шантир Антон Сергійович, доцент Гніденко Микола Петрович, професор кафедри управління кібербезпекою та захистом інформації доктор технічних наук, професор Савченко Віталій Анатолійович, завідувач кафедри технічних систем кіберзахисту.

Всього присутніх – 30 осіб, серед присутніх 5 докторів технічних наук, 8 кандидатів технічних наук за профілем представленої дисертації.

Головуючий на науковому семінарі – завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення доктор технічних наук, професор Замрій Ірина Вікторівна.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

Обговорення публічної презентації наукових результатів дисертаційної роботи здобувача четвертого рівня вищої освіти кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій Колодюка Андрія Васильовича на тему: "Метод упорядкованої паралельної доставки подій для підвищення стабільності й масштабованості мікросервісних систем на основі технологій асинхронного обміну повідомленнями та аналітичного моделювання", поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення, галузі знань 12 – Інформаційні технології.

Тему дисертації затверджено «07» листопада 2022 року на засіданні Вченої Ради Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, **протокол №5**. Уточнення теми дисертаційної роботи затверджено «18» листопада 2025 року на засіданні Вченої Ради Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, протокол №13.

Робота виконана на кафедрі інженерії програмного забезпечення Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій.

Науковий керівник доцент кафедри технологій цифрового розвитку, кандидат технічних наук Аронов Андрій Олексійович.

СЛУХАЛИ:

1. Доповідь здобувача Колодюка Андрія Васильовича щодо основних наукових результатів дисертаційного дослідження на тему: «Метод упорядкованої паралельної доставки подій для підвищення стабільності й масштабованості мікросервісних систем на основі технологій асинхронного обміну повідомленнями та аналітичного моделювання», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного

забезпечення.

2. Запитання до здобувача.

По доповіді було задано 12 запитань, на які здобувач надав вичерпні та аргументовані відповіді.

Питання задавали:

завідувач кафедри інформаційних систем та технологій, доктор технічних наук, професор Сторчак Каміла Павлівна, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення, доктор технічних наук, професор Замрій Ірина Вікторівна, професор кафедри інженерії програмного забезпечення, кандидат фізико-математичних наук, доцент Садовенко Володимир Сергійович, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення, кандидат технічних наук Задонцев Юрій Вікторович, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення, кандидат технічних наук Довженко Тимур Павлович, доцент кафедри інформаційних систем та технологій Полоневич Ольга Володимирівна, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії, кандидат технічних наук, доцент Лашевська Наталія Олександрівна, доцент кафедри штучного інтелекту, кандидат технічних наук, доцент Шантир Антон Сергійович, професор кафедри штучного інтелекту, доктор технічних наук, професор Чичкар'єв Євген Анатолійович, професор кафедри управління кібербезпекою та захистом інформації доктор технічних наук, професор Савченко Віталій Анатолійович.

3. Виступи присутніх.

З оцінкою дисертації Колодюка Андрія Васильовича виступили рецензенти: завідувач кафедри комп'ютерної інженерії, кандидат технічних наук, доцент Лашевська Наталія Олександрівна, доцент кафедри штучного інтелекту, кандидат технічних наук Шантир Антон Сергійович, які зазначили актуальність теми дослідження, високий рівень наукової новизни отриманих результатів, їх відповідність сучасним світовим тенденціям розвитку програмного забезпечення, а також значну практичну цінність щодо підвищення стабільності й масштабованості мікросервісних систем.

Серед зауважень слід відзначити доцільність більш детального аналізу впливу окремих параметрів аналітичної моделі на характеристики продуктивності та латентності системи доставки подій, що дозволило б розширити практичні рекомендації щодо вибору оптимального рівня паралелізму. Крім того, корисним було б розширення експериментальних досліджень шляхом розгляду додаткових сценаріїв деградації інфраструктури та збільшення кількості мікросервісів, що надало б можливість більш повно оцінити масштабованість запропонованого методу та архітектури забезпечення безперервності доставки подій.

В обговоренні взяли участь присутні: директор навчально-наукового інституту інформаційних технологій, доктор технічних наук, професор Нестеренко Катерина Сергіївна, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення, доктор філософії (PhD) Залива Віталій Вікторович, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення, доктор філософії (PhD) Худік Богдан Олександрович, старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення, доктор філософії (PhD) Коваленко Данило Сергійович, завідувач

кафедри інформаційних систем та технологій, доктор технічних наук, професор Сторчак Каміла Павлівна, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Торошанко Ярослав Іванович, доцент кафедри технологій цифрового розвитку, кандидат технічних наук Ананченко Олексій Євгенович, доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, доцент Гніденко Микола Петрович, які у своїх виступах відзначили актуальність дослідження в умовах зростання вимог до масштабованості, надійності та коректності функціонування сучасних мікросервісних систем, а отримані результати мають високий практичний потенціал для побудови систем гарантованої доставки подій, управління розподіленими бізнес-процесами та забезпечення безперервності функціонування подієво-орієнтованих інформаційних систем, що підтверджується результатами експериментальної перевірки запропонованого методу та його практичним впровадженням.

У процесі обговорення відзначено актуальність теми, наукову новизну і практичне значення основних результатів дисертації, особистий внесок здобувача у вирішенні поставленої наукової задачі, а також можливість практичного застосування отриманих наукових результатів.

З характеристикою здобувача виступила науковий керівник – кандидат технічних наук Аронов Андрій Олексійович, який відзначив високий рівень наукової зрілості здобувача, який відзначив високий рівень наукової підготовки здобувача, його здатність до самостійної постановки та розв'язання складних науково-прикладних завдань у галузі програмної інженерії, системний підхід до проведення досліджень, а також уміння поєднувати сучасні методи математичного моделювання, аналізу розподілених систем та програмної інженерії для розроблення комплексних рішень. У процесі виконання дисертаційного дослідження здобувачем розроблено метод упорядкованої паралельної доставки подій у мікросервісних системах, аналітичну модель впливу паралелізму на продуктивність і латентність системи доставки повідомлень, а також архітектурні механізми забезпечення безперервності доставки подій в умовах часткових відмов компонентів транспортного середовища.

Отримані результати мають високий практичний потенціал для побудови та модернізації високонавантажених подієво-орієнтованих інформаційних систем, корпоративних платформ, фінансових сервісів, телекомунікаційних систем та хмарних середовищ, у яких висувуються підвищені вимоги до коректності обробки подій, продуктивності, відмовостійкості та масштабованості. Практична цінність розроблених рішень підтверджується результатами експериментальних досліджень, відповідно до яких запропонований метод забезпечує детерміновану впорядкованість обробки подій, підвищення продуктивності системи за умов інтенсивного навантаження та скорочення часу відновлення після виникнення збоїв у транспортному середовищі.

У ході виконання дисертаційної роботи автором досягнуто мети дослідження шляхом розроблення методу упорядкованої паралельної доставки

подій, побудови аналітичної моделі оцінювання впливу рівня паралелізму на характеристики функціонування системи та удосконалення архітектури забезпечення безперервності доставки повідомлень у мікросервісних середовищах. Отримані результати мають важливе практичне значення, оскільки можуть бути використані під час проектування та експлуатації подієво-орієнтованих мікросервісних систем із підвищеними вимогами до гарантованої доставки повідомлень, підтримання логічної послідовності виконання бізнес-процесів, забезпечення ідемпотентної обробки подій та збереження працездатності системи за умов часткових відмов окремих компонентів.

Здобувач демонструє належний рівень наукової культури, відповідальне ставлення до виконання досліджень, володіння сучасним математичним апаратом і методами програмної інженерії, сформовані навички роботи з науковими джерелами та здатність до проведення самостійних наукових досліджень. Проведене дисертаційне дослідження за рівнем наукової новизни, теоретичної обґрунтованості, методологічної цілісності та практичної значущості відповідає вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення. Робота виконана державною мовою з дотриманням норм академічної доброчесності та вимог до наукових досліджень.

ВИСНОВОК

міжкафедрального наукового семінару про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Колодюка Андрія Васильовича на тему: "Метод упорядкованої паралельної доставки подій для підвищення стабільності й масштабованості мікросервісних систем на основі технологій асинхронного обміну повідомленнями та аналітичного моделювання" поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення, галузі знань 12 – Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення одночасно високої продуктивності, масштабованості та коректності функціонування сучасних подієво-орієнтованих мікросервісних систем, які стали основою побудови корпоративних інформаційних платформ, фінансових сервісів, телекомунікаційних мереж, хмарних середовищ та систем електронної комерції. Стрімке зростання обсягів даних і кількості взаємодіючих сервісів призводить до збільшення навантаження на інфраструктуру обміну повідомленнями та обумовлює необхідність використання асинхронних механізмів взаємодії, здатних забезпечувати високий рівень паралельної обробки подій. Використання брокерів повідомлень дозволяє зменшити зв'язність між сервісами та підвищити гнучкість програмних систем, однак одночасно породжує нові проблеми, пов'язані із підтриманням узгодженості станів і коректності виконання розподілених бізнес-процесів.

На відміну від традиційних монолітних систем, у яких контроль порядку виконання операцій здійснюється централізовано, мікросервісні архітектури функціонують у середовищі асинхронної взаємодії, де повідомлення можуть надходити із затримками, дублюватися, втрачати початковий порядок доставки або повторно передаватися після відновлення окремих компонентів системи. Особливо гостро ця проблема проявляється під час використання семантики доставки at-least-once, яка гарантує доставку повідомлення, проте допускає його повторне надходження. У таких умовах збільшення рівня паралелізму, необхідне для підвищення пропускну здатності системи, часто призводить до порушення логічної послідовності виконання взаємопов'язаних подій, виникнення неконсистентних станів даних, дублювання бізнес-операцій та деградації якості функціонування інформаційної системи.

Дослідження останніх років свідчать про значний інтерес наукової спільноти до проблем забезпечення надійної доставки повідомлень, розподілених транзакцій, відмовостійкості мікросервісних систем та організації подієво-орієнтованої взаємодії. Проте більшість існуючих підходів орієнтована або на підвищення продуктивності за рахунок максимальної паралелізації обробки повідомлень, або на забезпечення впорядкованості шляхом серіалізації потоків виконання, що обмежує можливості масштабування системи. Водночас

недостатньо дослідженими залишаються питання комплексного врахування впливу повторної доставки повідомлень, механізмів ідемпотентної обробки, буферизації подій поза порядком, процедур відновлення пропущених станів та використання резервних каналів передачі на характеристики продуктивності й латентності системи. Недостатньо висвітленими також залишаються питання формалізованого визначення оптимального рівня паралелізму та прогнозування поведінки системи за умов часткових відмов брокера повідомлень або оновлення окремих сервісів.

У зв'язку з цим виникає суперечність між необхідністю підвищення продуктивності та масштабованості мікросервісних систем шляхом збільшення рівня паралельної обробки подій та необхідністю забезпечення коректної впорядкованої доставки і виконання логічно пов'язаних повідомлень в умовах асинхронної взаємодії, повторної доставки подій і часткових відмов компонентів розподіленого середовища. Усунення зазначеної суперечності потребує розроблення нових методів і моделей, здатних поєднати високий рівень паралелізму з гарантованим збереженням логічної послідовності обробки подій.

Саме тому актуальним є розроблення методу упорядкованої паралельної доставки подій, аналітичної моделі оцінювання впливу паралелізму на продуктивність і латентність системи та архітектурних механізмів забезпечення безперервності доставки повідомлень, які дозволяють підвищити стабільність, масштабованість і надійність функціонування сучасних подієво-орієнтованих мікросервісних систем.

Дисертаційне дослідження пов'язане з науковими дослідженнями, які проводились у межах науково-дослідних робіт Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій на кафедрі технологій цифрового розвитку та інженерії програмного забезпечення, зокрема:

- «Підвищення ефективності процесу управління 3D принтером з використанням методів машинного навчання» (державний реєстраційний номер РК 0124U001849, термін виконання 2024-2026, ДУІКТ, м. Київ);
- «Забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем підприємства в умовах впливу дестабілізуючих факторів із застосуванням нейронних мереж» (державний реєстраційний номер 0121U107501, термін виконання 2021-2025, ДУІКТ, м. Київ).

2. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Дисертаційна 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 науковим дослідженням, у межах якого автором здійснено розв'язання комплексної наукової задачі, що поєднує теоретичне обґрунтування, математичне моделювання, створення алгоритмів та їхню експериментальну перевірку.

Здобувачем сформульовано концепцію дослідження, обґрунтовано актуальність теми, набув подальшого розвитку метод упорядкованого паралелізму в межах логічного ключа у мікросервісних системах доставки подій, розроблено аналітичну модель впливу паралелізму на продуктивність і латентність системи впорядкованої доставки подій та удосконалено архітектуру забезпечення безперервності доставки подій із використанням резервного каналу доставки й механізмів узгодженого виконання розподілених кроків. Автором також реалізовано програмний прототип системи доставки подій, проведено експериментальну перевірку запропонованих рішень та виконано аналіз отриманих результатів.

Усі основні наукові положення, математичні моделі, методи, архітектурні рішення, висновки та результати дисертаційної роботи отримані здобувачем особисто.

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

Наукова обґрунтованість і достовірність отриманих результатів підтверджується теоретичним обґрунтуванням базових положень дослідження, коректністю застосованого математичного та алгоритмічного апарату, а також результатами їх апробації. Достовірність результатів забезпечується узгодженістю теоретичних положень із результатами експериментальних досліджень.

Для розв'язання поставлених у дисертаційному дослідженні завдань було використано низку взаємопов'язаних теоретичних і методичних підходів.

Основу теоретичного підґрунтя дослідження становить сукупність методів теорії розподілених систем, подієво-орієнтованих архітектур, математичного моделювання та теорії масового обслуговування, які використано для дослідження процесів доставки, впорядкування та обробки подій у мікросервісних системах. Методологічною основою роботи є поєднання принципів асинхронної взаємодії сервісів, механізмів гарантованої доставки повідомлень та методів аналітичного оцінювання характеристик функціонування розподілених інформаційних систем, що дало змогу розробити комплексний підхід до забезпечення впорядкованої доставки подій за умов високого рівня паралелізму, повторної доставки повідомлень та часткових відмов компонентів транспортного середовища.

Для формалізації процесів доставки та обробки подій у роботі використано математичний апарат дискретних систем і подієво-орієнтованого моделювання, який дозволив описати логічні послідовності подій, механізми впорядкування, буферизації та відновлення пропущених станів. Для дослідження впливу рівня паралелізму на характеристики функціонування системи застосовано методи математичного моделювання та елементи теорії масового обслуговування, на основі яких розроблено аналітичну модель оцінювання продуктивності та латентності системи впорядкованої доставки подій. Для аналізу повторної доставки повідомлень, ідемпотентної обробки, використання резервного каналу доставки та оцінювання характеристик

відмовостійкості застосовано методи теорії ймовірностей і математичної статистики. Для організації експериментальних досліджень, аналізу отриманих результатів та перевірки адекватності розроблених моделей використано методи планування експерименту та статистичного аналізу даних.

У дисертації використано лише ті моделі, методи, алгоритми та архітектурні рішення, які є результатом власної наукової роботи здобувача. Усі наукові результати, представлені в роботі, відображають особистий внесок автора у розвиток методу упорядкованого паралелізму в межах логічного ключа у мікросервісних системах доставки подій, розроблення аналітичної моделі впливу паралелізму на продуктивність і латентність системи впорядкованої доставки подій, удосконалення архітектури забезпечення безперервності доставки повідомлень, а також у створення програмного прототипу та проведення його експериментальної перевірки.

Експериментальна перевірка запропонованих методів, моделей та архітектурних рішень проводилася на основі розробленого програмного прототипу мікросервісної системи доставки подій. Експериментальна база дослідження була орієнтована на оцінювання коректності впорядкування подій, продуктивності системи за різних рівнів паралелізму, ефективності механізмів відновлення пропущених станів та стійкості системи до часткових відмов брокера повідомлень і окремих сервісів. Для оцінювання результативності запропонованих рішень використовувалися показники пропускної здатності, латентності, коефіцієнта прискорення, частки успішно доставлених подій, часу відновлення після відмови, частки успішно завершених Saga-транзакцій та відносної похибки аналітичної моделі.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що запропонований метод забезпечує детерміновану впорядкованість обробки подій у всіх досліджуваних сценаріях та демонструє прискорення до 2,42 раза порівняно з базовими підходами за умов підвищеного навантаження і збоїв інфраструктури. Розроблена аналітична модель відтворює характер зміни пропускної здатності системи з відносною похибкою не більше 5,5 %, а удосконалена архітектура забезпечує скорочення середнього часу відновлення після збою на 76 % та підвищення частки успішно доставлених подій до 99,8–99,9 %. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованого підходу та його придатність для використання під час проєктування і модернізації високонавантажених подієво-орієнтованих мікросервісних систем із підвищеними вимогами до коректності, надійності та безперервності функціонування.

4. Наукова новизна результатів дисертації

У дисертації отримано наукові результати, новизна яких полягає у наступному:

1. Набув подальшого розвитку метод упорядкованого паралелізму в межах логічного ключа у мікросервісних системах доставки подій на основі прикладного впорядкування поверх брокера повідомлень із використанням маркування подій ідентифікаторами послідовності та механізму відновлення

пропущених станів, що дозволяє забезпечити коректне послідовне опрацювання взаємопов'язаних подій за одночасного паралельного виконання незалежних потоків обробки та підвищити продуктивність системи.

2. Вперше розроблено аналітичну модель впливу паралелізму на продуктивність і латентність системи впорядкованої доставки подій у режимі гарантованої доставки з можливими повторами на основі комплексного врахування ідемпотентної обробки, повторної доставки повідомлень, буферизації пропущених станів і використання резервного каналу доставки, що дозволяє формалізовано оцінювати накладні витрати, визначати оптимальний рівень паралелізму та прогнозувати поведінку системи за умов зміни навантаження і часткових відмов.

3. Удосконалено архітектуру забезпечення безперервності доставки подій у мікросервісних системах на основі інтеграції методу упорядкованого паралелізму, аналітичної моделі оцінювання продуктивності та латентності, основного брокера повідомлень, резервного каналу доставки та механізму узгодженого виконання розподілених кроків, що дозволяє підвищити безперервність виконання процесів, скоротити час відновлення після відмов і забезпечити коректність послідовності виконання операцій в умовах часткових збоїв інфраструктури.

5. Теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи

Теоретичне значення результатів дисертаційної роботи полягає в розвитку науково-методичних засад побудови подієво-орієнтованих мікросервісних систем доставки повідомлень, що формалізують процеси впорядкування подій, забезпечення паралельної обробки незалежних потоків повідомлень та підтримання безперервності функціонування розподілених інформаційних систем. Запропоновані метод, аналітична модель та архітектурні рішення поглиблюють теоретичні положення програмної інженерії щодо розроблення високонавантажених мікросервісних систем, у яких коректність обробки подій, продуктивність, відмовостійкість та масштабованість розглядаються як взаємопов'язані складові єдиного процесу доставки та виконання повідомлень.

Отримані результати розширюють теоретичні засади побудови систем гарантованої доставки подій шляхом обґрунтування підходу до забезпечення локальної впорядкованості повідомлень у межах логічного ключа за одночасного збереження високого рівня паралелізму. На відміну від підходів, у яких впорядкування досягається переважно за рахунок серіалізації потоків виконання або можливостей брокера повідомлень, у роботі запропоновано прикладний механізм упорядкування на основі маркування подій ідентифікаторами послідовності, формування внутрішніх черг за логічними ключами та відновлення пропущених станів. Це поглиблює теоретичне розуміння процесів організації асинхронної взаємодії сервісів і забезпечення коректної обробки подій у розподілених середовищах.

Важливим теоретичним результатом є розроблення аналітичної моделі впливу паралелізму на продуктивність і латентність системи впорядкованої доставки подій, яка враховує ідемпотентну обробку, повторну доставку повідомлень, буферизацію подій поза порядком та використання резервного каналу доставки. Запропонована модель розширює теоретичні положення оцінювання характеристик функціонування подієво-орієнтованих систем, оскільки дозволяє формалізовано визначати накладні витрати, прогнозувати поведінку системи за різних режимів навантаження та обґрунтовувати вибір оптимального рівня паралелізму з урахуванням вимог до продуктивності та часу відгуку.

Подальшого розвитку набули теоретичні положення щодо забезпечення безперервності функціонування мікросервісних систем доставки подій. Запропонована архітектура, яка поєднує основний брокер повідомлень із резервним каналом доставки та механізмом узгодженого виконання розподілених кроків, формує новий підхід до забезпечення надійності та доступності подієво-орієнтованих систем за умов часткових відмов компонентів інфраструктури. У теоретичному аспекті це розширює уявлення про взаємозв'язок між процесами доставки повідомлень, відновлення після збоїв та підтримання узгодженості розподілених бізнес-процесів.

Запропоновані наукові положення забезпечують теоретичне підґрунтя для подальшого розвитку методів і технологій побудови подієво-орієнтованих мікросервісних систем, у межах яких метод упорядкованого паралелізму, аналітична модель оцінювання характеристик функціонування та архітектура забезпечення безперервності доставки узгоджуються в єдину систему організації надійної та масштабованої обробки подій. Це розширює сучасні наукові уявлення про забезпечення коректності, продуктивності та відмовостійкості розподілених програмних систем як взаємопов'язаних характеристик їх функціонування.

Практичне значення наукових результатів полягає у наступному:

1. Набув подальшого розвитку метод упорядкованого паралелізму в межах логічного ключа у мікросервісних системах доставки подій, який на основі прикладного впорядкування поверх брокера повідомлень, використання ідентифікаторів послідовності, внутрішніх черг за ключами та механізму відновлення пропущених станів забезпечує детерміновану впорядкованість обробки подій у всіх досліджених сценаріях. Практичне застосування запропонованого методу дозволяє зберігати коректну послідовність виконання взаємопов'язаних операцій за одночасного паралельного опрацювання незалежних сутностей та забезпечує прискорення обробки подій до 2,42 раза порівняно з базовими підходами в умовах підвищеного навантаження і часткових збоїв.

2. Розроблена аналітична модель впливу паралелізму на продуктивність і латентність системи впорядкованої доставки подій, побудована на основі формалізації процесів, реалізованих методом упорядкованого паралелізму, дозволяє враховувати вплив повторної доставки

повідомлень, ідемпотентної обробки, буферизації пропущених станів та використання резервного каналу доставки на характеристики функціонування системи. Практичне використання моделі забезпечує оцінювання накладних витрат, визначення раціонального рівня паралелізму та прогнозування продуктивності системи з відносною похибкою не більше 5,5 %, що дозволяє використовувати її під час проєктування, масштабування та модернізації високонавантажених мікросервісних систем.

3. Удосконалена архітектура забезпечення безперервності доставки подій, побудована на основі інтеграції методу упорядкованого паралелізму, аналітичної моделі оцінювання продуктивності та латентності, основного брокера повідомлень, резервного каналу доставки та механізму узгодженого виконання розподілених кроків, забезпечує скорочення середнього часу відновлення після збою на 76 % (223,5 мс проти 930,2 мс у базовій архітектурі), підвищення частки успішно доставлених подій до 99,8–99,9 % порівняно з 95,3 % у традиційних рішеннях, а також підтримання частки успішно завершених Saga-транзакцій на рівні 98,9 % проти 31,8 % за умов нестабільної роботи брокера повідомлень. При цьому додаткові накладні витрати за латентністю у штатному режимі функціонування не перевищують 2,4 %, що дозволяє забезпечити високий рівень безперервності, надійності та доступності мікросервісних систем без істотного зниження їх продуктивності.

Наявність результатів апробації та можливість їх практичного впровадження підтверджує значущість виконаної роботи для розвитку як наукового напрямку побудови подієво-орієнтованих мікросервісних систем, так і прикладних аспектів розроблення високонавантажених інформаційних платформ, що функціонують в умовах асинхронної взаємодії сервісів, повторної доставки повідомлень та часткових відмов компонентів інфраструктури. Отримані результати створюють підґрунтя для подальшого розвитку методів упорядкованої доставки подій, підвищення продуктивності та забезпечення безперервності функціонування розподілених програмних систем, а також можуть бути використані під час проєктування, модернізації та експлуатації сучасних корпоративних, фінансових, телекомунікаційних і хмарних інформаційних систем із підвищеними вимогами до коректності, надійності та масштабованості обробки подій.

6. Оцінка структури та обсягу дисертації, її мови та стилю

Дисертаційна робота має чітку, логічно вибудовану та внутрішньо узгоджену структуру, що повністю відповідає поставленій меті, завданням і логіці проведеного дослідження. Виклад матеріалу є послідовним, системним і аргументованим, що забезпечує цілісне сприйняття отриманих результатів та їх наукову обґрунтованість.

Обсяг дисертації є достатнім для повного розкриття теми дослідження, а її структура та науковий стиль викладу матеріалу відповідає сучасним вимогам до наукових робіт на здобуття ступеня доктора філософії, зокрема щодо

повноти викладення теоретичних положень, моделей, методів та результатів експериментальних досліджень.

Дисертація виконана фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури і характеризується науковою коректністю, точністю використаної термінології та відповідністю вимогам академічного стилю. Виклад матеріалу є чітким, логічно вивіреним і доступним для сприйняття фахівцями у галузі інженерії програмного забезпечення.

Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам 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 №44 (зі змінами), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.07.2017 №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», затвердженого Міністерством юстиції України 03.02.2017 за №155/30023. За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значущістю дисертація Цапро Ігоря Вікторовича відповідає спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення, галузі 12 – Інформаційні технології, що підтверджує належний рівень підготовки дисертації до подання у спеціалізовану вчену раду.

7. Результати перевірки роботи на академічний плагіат

Дисертаційна робота була перевірена автоматизованим сервісом пошуку плагіату StrikePlagiarism.com. Результати перевірки зафіксовано у звіті від «09» червня 2026 р. З результатами звіту подібності, згенерованого системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, ознайомлено.

Висновки щодо запозичень, виявлених у роботі, є коректними, запозичення мають належні посилання, не є плагіатом, а дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням і може бути рекомендована до захисту.

На підставі вивчення тексту дисертації і наукових публікацій, результатів автоматизованої перевірки на плагіат та їх експертної оцінки, встановлено, що дисертація і наукові публікації виконані самостійно, не містять академічного плагіату, фальсифікації, фабрикації, самоплагіату.

Усі використані здобувачем в тексті дисертації власні наукові праці без посилання на ці праці були попередньо опубліковані з метою висвітлення в них основних наукових результатів дослідження та вказані в анотації дисертаційної роботи.

Інші факти, встановлені рецензентами у процесі перевірки: відсутні.

Висновок: За результатами перевірки дисертація Колодюка Андрія Васильовича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів академічного плагіату.

8. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б:

1. Kolodiuk A., Voloschuk O. Per-order ordered parallelism method in microservice event delivery systems. Зв'язок, 2025, №6 (178), с. 3-12. DOI:10.31673/2412-9070.2025.061213A.
2. Колодюк А.В., Аронов А.О. Аналітична модель впливу паралелізму на продуктивність системи впорядкованої доставки подій з AT-LEAST-ONCE семантикою. Сучасний захист інформації, 2026, №1
3. Дзюба В. В., Колодюк А. В., Олейніков І. А., Бугайов Д. М. Метод упорядкованого паралелізму per-замовлення у мікросервісних системах доставки подій. Зв'язок. 2025, №3 (175), с.101-107. DOI: 10.31673/2412-9070.2025.029944
4. Колодюк А.В. Метод упорядкованої паралельної доставки подій у мікросервісних системах із використанням RabbitMQ, резервних HTTP-каналів та патерну Saga для підвищення живучості та зменшення MTTR. Зв'язок. 2026, №3
5. Andrii Kolodiuk, Vadym Chytulian, Ivan Oleinikov, Viktoriia Zhebka, Valeriia Balatska Formation of a conceptual model for cyber-physical monitoring of critical infrastructure environmental objects. CPITS-II 2025: Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems II 2025, p.330-341, <https://ceur-ws.org/Vol-4145/paper23.pdf> (Scopus)
6. Майборода М. В., Бажан Т. О., Жебка С. В., Колодюк А. В. Методи метричного та неметричного багатовимірного шкалювання для довільної матриці даних в мові R. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2024, №3 (84), с. 94 -101. DOI: 10.31673/2412-4338.2024.039411
7. Жебка С. В., Власенко В. О., Аронов А. О., Колодюк А. В. Вирішення дилеми вибору алгоритму консенсусу у розподілених системах. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2024, №1 (82), с. 130–136. DOI: 10.31673/2412-4338.2024.019904

УХВАЛИЛИ:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Колодюка Андрія Васильовича на тему: "Метод упорядкованої паралельної доставки подій для підвищення стабільності й масштабованості мікросервісних систем на основі технологій асинхронного обміну повідомленнями та аналітичного моделювання".

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, теоретичним та практичним значенням, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Колодюка Андрія Васильовича відповідає спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення, галузі знань 12 – Інформаційні технології, та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, пп. 6, 7, 8 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.

У 5 (п'ятьох) наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 4 (чотири) статей у наукових фахових виданнях України категорії Б, 1 (одна) стаття у виданні, яке входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, також додаткові результати представлені в 2 (двох) статтях категорії Б.

3. Рекомендувати дисертацію Колодюка Андрія Васильовича на тему: "Метод упорядкованої паралельної доставки подій для підвищення стабільності й масштабованості мікросервісних систем на основі технологій асинхронного обміну повідомленнями та аналітичного моделювання", подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення, галузі знань 12 – Інформаційні технології, для подання до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

Результати голосування щодо затвердження Висновку та рекомендації до захисту дисертації:

«За» 16 (шінадцять)

«Проти» немає

«Утримались» немає

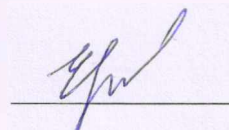
Головуючий на міжкафедральному науковому семінарі
Завідувач кафедри
інженерії програмного забезпечення,
д-р тех. наук, професор

 Ірина ЗАМРІЙ


Рецензенти:
Завідувач кафедри комп'ютерної інженерії,
канд. тех. наук, доцент

 Наталія ЛАЩЕВСЬКА

Доцент кафедри
Інформаційних систем та технологій,
канд. тех. наук, доцент

 Оксана ТКАЛЕНКО

Відповідальний секретар
Доцент кафедри
інженерії програмного забезпечення,
доктор філософії (PhD)

 Богдан ХУДІК

«02» _____ 66 _____ 2026 року