

ВІДГУК

офіційного опонента

Васяніна Володимира Олександровича

на дисертаційну роботу Годлюка Віктора Васильовича

«Математичні моделі та методи роботи цифрових платформ»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 113 – «Прикладна математика»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасний етап розвитку економіки характеризується стрімкою цифровізацією всіх сфер суспільного життя. Цифрові платформи стали невід'ємною частиною ринкових відносин, забезпечуючи координацію між споживачами та постачальниками послуг у реальному часі. Особливого значення це набуває в умовах України, де сектор цифрових платформ демонструє стаке зростання навіть в умовах воєнного стану.

Проте ефективне функціонування таких систем стримується через високу динамічність процесів, складність прогнозування попиту в реальному часі та необхідність оптимального розподілу обмежених ресурсів. Більшість існуючих систем управління не повною мірою враховують мережеві ефекти та імовірнісну природу взаємодії користувачів, що призводить до операційних простоїв та неефективного навантаження на провайдерів.

У цьому контексті розробка математичних моделей та методів оптимізації роботи цифрових платформ є науково та практично актуальним завданням. Обрана здобувачем тема спрямована на формалізацію процесів матчингу (matching), аналіз стійкості екосистем та оптимізацію розподілу ресурсів, що відповідає сучасним викликам цифрової економіки та потребам технологічного розвитку України.

Зв'язок дослідження з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційні дослідження проведено у відповідності та в рамках науково-дослідних робіт Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Робота безпосередньо пов'язана з виконанням низки науково-дослідних тем, зокрема:

проект «Розробити методи трансформації документоорієнтованих інформаційних систем в хмарні сервіси» (номер державної реєстрації 0118U001111) у 2022 р.;

проект «Розробити математичні моделі архітектури цифровізованих інфраструктурних реєстрів у хмарному середовищі» (номер державної реєстрації 0123U100813) у 2023–2026 р.;

проект «Технологічний розвиток та підтримка роботи Архіву препринтів і Головного порталу відкритої науки НАН України – Цільовий науково-технічний проєкт НАН України «Впровадження і підтримка відкритої науки в установах НАН України (OPENS2)» на 2025–2026 рр.» (номер державної реєстрації 0123U002244) у 2025 р.

Дисертація відповідає пріоритетним напрямам розвитку прикладної математики та цифрових технологій, затвердженим МОН України, зокрема в частині розробки математичного апарату для аналізу складних динамічних систем та оптимізації їх функціонування.

Ступінь обґрунтованості та достовірності основних наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи мають достатнє теоретичне та експериментальне підґрунтя. Здобувачем послідовно застосовано апарат теорії графів, систем диференціальних рівнянь, марковських процесів та стохастичного програмування, що забезпечує строгу формалізацію поставлених задач. Перевірка адекватності моделей здійснена шляхом серії обчислювальних експериментів у середовищі Python з використанням стандартних наукових бібліотек, що підтверджує коректність математичних висновків та практичну придатність розроблених алгоритмів.

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях

Результати роботи викладено у 39 наукових публікаціях, серед яких 4 – статті у наукових фахових виданнях України, 2 – публікації, що індексуються в наукометричній базі Scopus (1 публікація у періодичному виданні Scopus), 10 – розділи колективних монографій (серед них 7 монографій, виданих в ЄС), 23 – тези доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Опубліковані праці охоплюють основні положення дисертації, відображають зміст її розділів та свідчать про належний рівень апробації проведених досліджень.

Оцінка змісту дисертації

Дисертаційна робота відповідає вимогам до оформлення дисертацій доктора філософії та містить необхідні структурні елементи: анотацію, перелік умовних скорочень, вступ, три розділи, загальні висновки, список використаних джерел (109 найменувань) та п'ять додатків. Загальний обсяг дисертації становить 128 сторінок.

У першому розділі здійснено аналіз цифрових платформ як об'єктів математичного моделювання, подано їх класифікацію, описано основні процеси функціонування (взаємодія учасників, мережеві ефекти, ціноутворення, матчинг), проаналізовано існуючі підходи до моделювання (економічні, мережеві, ігрові, оптимізаційні) та їх обмеження для задач оптимізації в реальному часі.

Другий розділ присвячено розробці математичних моделей функціонування цифрових платформ. Зокрема, розроблено мережеву модель у вигляді динамічного дводольного графа з урахуванням активності учасників, часових характеристик, геолокації та репутаційних оцінок, представлено динамічну модель залучення учасників на основі марковських ланцюгів та систем диференціальних рівнянь із зворотним зв'язком, розглянуто модель матчингу попиту та пропозиції з обмеженнями, проведено аналіз властивостей запропонованих моделей щодо існування розв'язку, стійкості та масштабованості.

У третьому розділі представлено методи аналізу та оптимізації роботи цифрових платформ. Сформульовано задачу багатокритеріального матчингу як задачу дискретної оптимізації, описано застосування методів лінійного, нелінійного та стохастичного програмування, запропоновано алгоритми матчингу на основі теорії графів, а також представлено результати чисельних експериментів.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні математичного інструментарію, придатного для впровадження в реальні цифрові сервіси. Розроблені моделі та алгоритми можуть бути використані розробниками платформ для підвищення ефективності матчингу, зменшення часу очікування користувачів та балансування навантаження. Запропоновані підходи можуть бути адаптовані для локальних платформ – зокрема, у сфері транспорту, логістики, що критично важливо для розвитку цифрової інфраструктури України.

Методика симуляційного моделювання, розроблена в дисертації на основі агентного та дискретного підходів у поєднанні з методами стохастичного програмування, може слугувати інструментом для тестування стратегій управління платформами, що знижує ризики та операційні витрати.

Зауваження до дисертаційної роботи

1) У деяких формулах і математичних позначеннях не забезпечено єдиного стилю оформлення змінних та індексів, що погіршує сприйняття роботи.

2) Частина таблиць (Таблиця 2.1, 3.1) потребує покращення якості оформлення, у деяких випадках шрифти є дрібними, а позначення недостатньо контрастними для зручного читання.

3) Не всі посилання на літературні джерела виглядають рівномірно інтегрованими в текст, у деяких абзацах спостерігається надмірна концентрація посилань наприкінці речень.

Наведені недоліки мають технічний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Рекомендації щодо впровадження результатів дослідження

Отримані результати можуть бути застосовані при проектуванні та модернізації цифрових платформ послуг у сферах транспорту, логістики, фрілансу та міських сервісів. Розроблені математичні моделі та алгоритмічні процедури доцільно використовувати у навчальному процесі при підготовці фахівців за спеціальностями «Прикладна математика», «Комп'ютерні науки» та «Системний аналіз». Перспективним напрямом подальших досліджень є інтеграція запропонованого підходу з методами глибокого навчання для прогнозування просторово-часової динаміки попиту в реальному часі.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота Годлюка В.В. є завершеним науковим дослідженням, яке містить нові теоретичні результати та обґрунтовані методи оптимізації функціонування цифрових платформ. Робота відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року. Її автор, Годлюк Віктор Васильович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Офіційний опонент
завідувач відділу прикладної інформатики
Інституту телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України
доктор технічних наук
старший науковий співробітник



Володимир ВАСЯНІН

Підпис завідувача відділу прикладної математики ІТГП НАНУ

Васяніна В.О. засвідчую:

Вчений секретар ІТГП НАНУ



Вікторія КЛИМЕНКО