

РЕЦЕНЗІЯ

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»

Огляд дисертаційної роботи

Дисертація присвячена формалізації та оптимізації функціонування двобічних цифрових платформ як складних динамічних систем. У вступі обґрунтовано актуальність, сформульовано мету, завдання, новизну та практичну значущість. У першому розділі узагальнено класифікацію платформ, проаналізовано ключові процеси (взаємодія, мережеві ефекти, ціноутворення, матчинг), показано обмеження економічних та ігрових підходів для задач реального часу. У другому розділі запропоновано мережеву модель платформи як динамічного зваженого двочасткового графа, динамічну модель залучення учасників, формалізовано задачу матчингу з часовими та репутаційними обмеженнями. У третьому розділі сформульовано багатокритеріальну постановку задачі матчингу, розроблено гібридний алгоритм її розв'язування, проведено експерименти. У висновках підсумовано здобуті результати та окреслено практичні рекомендації і напрями подальшої роботи.

Актуальність теми

Дисертаційне дослідження присвячено актуальній науковій проблемі – розробці математичних моделей та методів оптимізації функціонування цифрових платформ. У роботі показано, що сучасні функціонуючі двобічні цифрові платформи послуг є складними динамічними системами, ефективність яких визначається нелінійними мережевими ефектами, високою стохастичністю ринкових процесів та необхідністю прийняття рішень у реальному часі. Запропонований інтегрований підхід, що поєднує теорію складних мереж, математичне моделювання динамічних систем та багатокритеріальну оптимізацію, відповідає меті та задачам дисертаційного дослідження.

Зв'язок дослідження з науковими програмами та темами

Дисертаційну роботу виконано в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Основні результати роботи пов'язані з виконанням низки науково-дослідних робіт установи, зокрема «Розробити методи трансформації документоорієнтованих інформаційних систем в хмарні сервіси» (номер державної реєстрації 0118U001111) у 2022р., «Розробити математичні моделі архітектури цифровізованих інфраструктурних реєстрів у хмарному середовищі» (номер державної реєстрації 0123U100813) у 2023–2026р., «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 2025–2026р.» (номер державної реєстрації 0123U002244) у 2025р.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукову новизну в дисертації становлять такі теоретичні та практичні результати:

вперше запропоновано мережеву модель цифрової платформи у вигляді динамічного зваженого дводольного графа, що дозволяє інтегрувати просторові, часові характеристики запитів та профілі учасників з процесом прийняття рішень;

на основі систем диференціальних рівнянь із зворотним зв'язком удосконалено модель динаміки залучення учасників, у якій вперше формалізовано вплив нелінійних мережевих ефектів на структурну стабільність платформи в умовах волатильності попиту;

доведено, що застосування мінімаксного критерію при розподілі навантаження забезпечує не лише мінімізацію показника нерівності розподілу доходів, але й гарантує стійкість системи до критичного відтоку постачальників послуг у пікові періоди;

розроблено гібридний адаптивний алгоритм матчингу, що поєднує методи декомпозиції графів та локального пошуку доповнювальних шляхів;

подальшого розвитку набула методологія багатокритеріальної оптимізації двобічних ринків через впровадження стохастичних обмежень на доступність ресурсів.

Практичне значення отриманих результатів

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 у сфері транспорту та логістики. 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.

Ступінь обґрунтованості основних положень та висновків дисертації

Основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи мають належне теоретичне та методологічне обґрунтування. Теоретичні засади дослідження ґрунтуються на математичному апараті теорії графів, систем диференціальних рівнянь та багатокритеріальної оптимізації. Для верифікації запропонованих моделей та методів проведено серію обчислювальних експериментів з використанням стандартних бібліотек наукових обчислень мови Python. Зокрема, застосування агентного та дискретного підходів у поєднанні з методами стохастичного програмування дозволило адекватно оцінити стійкість розроблених алгоритмів матчингу в умовах волатильності попиту, що підтверджує обґрунтованість та практичну цінність отриманих результатів.

Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях

Основні отримані результати викладені в 39 наукових публікаціях, з яких 2 опубліковано у виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus, 4 публікації у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 113, 10 розділів у монографіях, (серед них 7 монографій, виданих в ЄС), 23 тези доповідей та матеріалів конференцій. Публікації відповідають вимогам до наукових статей, встановленим МОН України. Результати

проведених досліджень доповідались на численних наукових та науково-практичних конференціях національного та міжнародного рівня.

Недоліки дисертації щодо її змісту та оформлення

Хочу зазначити такі зауваження:

1) було б бажано, щоби автор більш детально та окреслено описував математичні моделі, наприклад, модель (2.1), бо з опису на сторінці 45 не зовсім зрозуміло у чому полягає динаміка, але автор тут же пише "... перевагою цієї моделі є її динамічність";

2) відсутнє визначення поняття "матчинг", яке повсюдно використано у дисертації. Приходиться шукати визначення за межами дисертації;

3) у роботі дуже багато словесних описів, які б мали бути подані у інший спосіб – як математичні вирази та співвідношення;

4) не зовсім зрозуміло як згадувані у роботі "репутаційні профілі, оцінки, характеристики" відповідають математичним елементам у моделях;

5) у моделі (2.2) не описано, що таке y_t , x_t . Модель описано фрагментарно;

6) модель матчингу попиту та пропозиції з обмеженнями (розділ 2.3) має трохи дивний, але прийнятний опис у вигляді таблиць. Проте у такий же спосіб не описані критерії цієї багатокритеріальної моделі;

7) розділ 3.1 дещо повторює розділ 2.3;

8) стор. 77. Фраза "Лінійне програмування (ЛП) застосовується в першу чергу для релаксації задачі матчингу до задачі ..." є некоректною;

9) стор. 78. Фраза " Така техніка, відома як метод параметричного ЛП, ефективно поєднує глобальну оптимізацію з контролем справедливості ... " є некоректною. Лінійне програмування змішано із справедливістю;

10) стор. 80. Фраза "Для глибинного розуміння процесів самоорганізації на платформі проведено дослідження фазового простору системи диференціальних рівнянь (2.1)" – формула (2.1) не містить диференціальних рівнянь;

Але в цілому попри наявність зауважень загальна оцінка роботи, як на мене, залишається позитивною.

Рекомендації щодо впровадження результатів дисертаційного дослідження

Отримані в ході дослідження результати відкривають нові можливості для їх практичного використання в комерційних та інфраструктурних цифрових сервісах. Зокрема, розроблені моделі доцільно застосовувати для підвищення ефективності розподілу навантаження, адаптивного матчингу та забезпечення стабільності платформ в умовах невизначеності. Окрім прямого технологічного впровадження, матеріали дисертації можуть бути використані для модернізації навчальних програм підготовки фахівців у галузі прикладної математики та кібернетики.

Висновок щодо дисертаційної роботи

Загалом, дисертаційна робота Годлюка В.В. заслуговує на позитивну оцінку. Вона містить нові науково обґрунтовані результати досліджень, що виконують ряд конкретних наукових завдань і мають істотне значення для галузі знань «Математика та статистика».

Автором роботи дотримані принципи академічної доброчесності, у дисертації та публікаціях відсутні академічний плагіат, самоплагіат, фабрикації, фальсифікації.

Дисертаційна робота відповідає вимогам «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 №44 від 12 січня 2022 року.

Робота свідчить, що рівень набуття здобувачем теоретичних знань, умінь, навичок та компетентностей відповідає науковому ступеню доктора філософії, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Рецензент

ТВО завідувача відділу економічної кібернетики

Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

кандидат фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник



Віктор КУЗЬМЕНКО

Підпис	<u>В. Кузьменко</u>
ЗАСВІДЧУЮ	
Зав. канц.	<u>Олекс</u>
ІК НАН України	