

ВІДГУК

офіційного опонента Бідюка Петра Івановича
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 дисертації

Дисертаційна робота присвячена одній із актуальних проблем сучасної прикладної математики – формалізації та оптимізації функціонування цифрових платформ. В умовах стрімкої цифровізації економіки та переходу до платформних бізнес-моделей, класичні детерміновані підходи часто виявляються неефективними через високу стохастичність ринкових процесів та нелінійність мережевих ефектів.

Особливу цінність дослідження становить спроба автора подолати розрив між структурним аналізом (теорія графів) та динамічним моделюванням (системи диференціальних рівнянь). Проблема балансування інтересів учасників двобічних ринків у реальному часі, особливо в умовах обмеженості ресурсів та зовнішніх збурень є критичною для забезпечення технологічного розвитку країни. Тому розробка математичного апарату, що дозволяє не лише описувати, а й керувати стійкістю таких систем, є безумовно актуальною та своєчасною.

Зв'язок дослідження з науковими програмами та темами

Дисертаційне дослідження є логічним продовженням наукових розвідок Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Робота безпосередньо пов'язана з виконанням низки науково-дослідних робіт, зокрема:

«Технологічний розвиток та підтримка роботи Архіву препринтів і Головного порталу відкритої науки України» (№ держреєстрації 0122U002410);

«Розробити методи трансформації документоорієнтованих інформаційних систем в хмарні сервіси» (№ держреєстрації 0118U003153);

«Розробити математичні моделі архітектури цифровізованих інфраструктурних реєстрів у хмарному середовищі» (№ держреєстрації 0123U100813).

Тематика роботи повністю узгоджується з пріоритетними напрямками розвитку цифрової інфраструктури та відповідає завданням, поставленим перед НАН України у сфері прикладної математики та кібернетики.

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях

Результати дисертації є істотним внеском у розроблення методів і засобів дослідження цифрових платформ як класу складних динамічних систем. Вони достатньо повно опубліковані в 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 ЕС), 23 – тези доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Рівень обґрунтованості наукових результатів

Наукові результати, представлені у дисертації, мають чітке теоретичне підґрунтя та підтверджуються результатами чисельного моделювання. Здобувач продемонстрував високий рівень володіння сучасним математичним апаратом. Варто відзначити, що автор не обмежується аналітичними доведеннями, а й надає повний цикл верифікації моделей від формальної постановки задачі до реалізації алгоритмів у середовищі Python з використанням бібліотек NetworkX.

Важливим аспектом обґрунтованості є застосування методів стохастичного моделювання та аналізу чутливості, що дозволяє оцінити адекватність моделей в умовах невизначеності вхідних даних. Використання агентського підходу в поєднанні з дискретним моделюванням дозволило детально відтворити динаміку взаємодії учасників платформи на макрорівні.

Огляд змісту дисертації

Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Обсяг роботи становить 128 сторінок.

У першому розділі здійснено глибокий системний аналіз існуючих підходів до моделювання двобічних ринків. Автор аргументовано доводить обмеженість суто економічних та ігрових моделей для задач управління в реальному часі, обґрунтовуючи необхідність переходу до гібридних математичних конструкцій.

Другий розділ містить основну частину дисертації – розробку комплексної математичної моделі. Тут запропоновано нову інтерпретацію платформи як динамічного зваженого дводольного графа, а також модифіковано модель залучення учасників із зворотним зв'язком, що враховує вплив запізнення та нелінійні мережеві ефекти.

У третьому розділі розглянуто оптимізаційні підходи. Сформульовано задачу багатокритеріального матчингу (matching), розроблено гібридний алгоритм на основі декомпозиції графів, а також проведено детальний аналіз робастності та резильєнтності системи до зловмисних дій та зовнішніх шоків.

Наукова новизна результатів дисертації

Результати роботи мають суттєвий рівень новизни:

вперше запропоновано уніфікований підхід, що поєднує структурний аналіз (графова модель) та динамічний аналіз (система диференціальних рівнянь) в єдиний контур управління, що дозволяє враховувати як поточний стан мережі так і прогноз її еволюції;

математично обґрунтовано доцільність використання мінімаксного критерію для розподілу навантаження, що дозволяє мінімізувати відтік постачальників послуг у пікові періоди, запобігаючи колапсу платформи;

розроблено оригінальний гібридний алгоритм матчингу, який поєднує точність методів лінійного програмування (на рівні кластерів) з гнучкістю евристик (на глобальному рівні), забезпечуючи квадратичну складність розв'язання задачі;

вперше в контексті задач матчингу розглянуто вплив комісій платформи на стійкість динамічної системи.

Практична значимість роботи

Практична цінність дисертації визначається тим, що розроблені моделі та алгоритми є готовими до впровадження в реальні ІТ-системи. Запропоновані методи можуть бути використані:

при проектуванні архітектури логістичних та транспортних агрегаторів для оптимізації маршрутів та часу очікування;

у сфері GovTech для створення державних цифрових сервісів, що забезпечують справедливий розподіл послуг;

для розробки систем моніторингу стійкості цифрової інфраструктури до кібератак та зовнішніх збурень.

Методика імітаційного моделювання, описана в роботі, може слугувати інструментом для стрес-тестування цифрових екосистем ще на етапі їх проектування, що дозволяє суттєво знизити ризики впровадження.

Зауваження та рекомендації

Загалом дисертація виконана на високому науковому рівні, проте є кілька технічних моментів, які варто уточнити:

1) у підрозділі 2.5 при формулюванні умов стійкості системи (формула 2.13) доцільно було б явно вказати межі застосовності лінеаризації матриці Якобі для систем з великою кількістю учасників;

2) у розділі 2.2 при описі системи диференціальних рівнянь із зворотним зв'язком відсутнє технічне обговорення чисельної стійкості при інтегруванні для різних значень параметрів мережевих ефектів;

3) не всюди дотримано єдиного стилю оформлення англomовних термінів і назв, частина термінів подана курсивом, частина без виділення, в окремих випадках використовуються різні варіанти написання однакових понять;

4) у списку публікацій та бібліографічному описі джерел подекуди трапляються технічні неточності оформлення (наприклад, пов'язані з використанням тире та дефісів).

Наведені зауваження носять технічний характер і не впливають на загальну високу оцінку дисертаційної роботи.

Рекомендації щодо впровадження результатів дисертації

Одержані результати можуть бути використані для розв'язання актуальних задач оптимізації роботи цифрових платформ, управління ресурсами в реальному часі, прогнозування попиту та пропозиції на двобічних ринках, розробки адаптивних алгоритмів матчингу, аналізу стійкості та резильєнтності цифрових екосистем. Також результати можуть бути включені до навчально-методичного забезпечення відповідних навчальних курсів для студентів математичного та технічного спрямування.

Висновок

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

Професор кафедри математичних методів системного аналізу

Навчально-наукового Інституту прикладного системного аналізу

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, професор

