

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу
Симонова Дениса Ігоровича
«Математичні методи інтегрованих ланцюгів постачання»,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 113 «Прикладна математика»

Актуальність обраної теми дисертації

Нові дослідження наявних методів управління інтегрованими ланцюгами постачання свідчать про недостатню розробленість математичних методів, що використовуються для подібного управління. Можливість покращувати ці методи є ключовим фактором для вдосконалення стратегій планування, оптимізації та керування у сучасному економічному середовищі.

У період отримання незалежності України та формування нових економічних відносин виникли актуальні задачі маркетингу, пов'язані з формуванням ланцюгів бартерних обмінів для постачання різноманітних товарів. На факультеті комп'ютерних наук та кібернетики була розроблена система підтримки прийняття рішень «СПРУТ» для організації та формування довгих бартерних ланцюгів на основі математичних моделей, методів послідовного аналізу варіантів і бази даних, яка постійно оновлювалася. Система «СПРУТ» була впроваджена в Міністерстві економіки України (компанія «УКРБАРІМЕКС»), Чернігівській обласній державній адміністрації та ряді інших компаній. Її впровадження дозволило активізувати взаємодію між закордонними партнерами та прискорити обмін товарами в регіонах області на основі реальних економічних даних про наявність товарів в регіонах.

Актуальність дисертації Симонова Д.І. пов'язана з швидкою динамікою змін у світі торгівлі, де глобалізація і географічні фактори впливають на вибір локацій та стратегій компаній, їх інвестиційну привабливість. Наукова необхідність дослідження інтегрованих ланцюгів постачання виходить за рамки традиційних методів управління, вимагаючи нового підходу, що базується на математичних моделях та інструментах для ефективної відповіді на виклики

сучасного бізнесу. Аналіз потреб споживачів у контексті інтегрованих ланцюгів постачання є критично важливим для прогнозування попиту й адаптації виробничих процесів, що робить тему особливо актуальною в контексті конкурентоспроможності підприємств. Оптимізація потоків у ланцюгах постачання спрямована на покращення ефективності, зменшення витрат і прискорення доставки, але потребує вдосконалення через застосування математичних методів, у тому числі методів вибору локацій для розміщення. Таким чином, дослідження цих аспектів є стратегічною необхідністю для успішного функціонування сучасних бізнес-моделей і обґрунтовує актуальність теми дисертації. Поставлене науково-практичне завдання цілком актуальне, а його розв'язання є вимогою сьогодення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконана в рамках наступних науково-дослідних тем Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України:

«Розробити методи трансформації документоорієнтованих інформаційних систем в хмарні сервіси» (№ ДР 0118U001111, 2020–2022 роки);

«Розроблення проектних рішень та плану заходів по їх реалізації щодо модернізації та розвитку АІС Президія з урахуванням сучасних та перспективних інформаційних технологій» (№ ДР 0121U112884, 2021 рік);

«Розробка хмарної платформи пацієнт-центричної телереабілітації онкологічних хворих на основі математичного моделювання» (№ ДР 0123U102942, 2023 рік).

Оцінка змісту дисертації, її довершення та оформлення

Дисертаційна робота містить необхідні складові, включаючи вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел із 209 найменувань.

У **вступі** зазначено актуальність та прикладну важливість обраної теми, визначено основну мету та завдання дослідження, об'єкт та предмет

дослідження, висвітлено наукову новизну та практичну спрямованість результатів роботи для вирішення проблем оптимізації ланцюгів постачання.

У **розділі 1** подається огляд літературних джерел з проблематики управління ланцюгами постачання для ефективної діяльності організацій у конкурентному середовищі, акцентується увага на проблемі інтеграції ланцюгів постачання. Розглянуто варіанти горизонтальної та вертикальної інтеграції в управлінні ланцюгами постачання. Обговорюються питання створення моделей управління ланцюгами постачання та їх використання в ході математичного моделювання. Подано посилання на літературні джерела вітчизняних і закордонних вчених у розв'язанні задач із зазначеної проблематики.

У **розділі 2** подано математичні методи моделювання структури та процесів в інтегрованих ланцюгах постачання. Наводяться означення необхідних термінів, які використовуються для представлення узагальненої моделі ланцюгів постачання, рівняння динаміки процесу постачання та зміни запасів в ланцюгах постачання. Запропоновано математичну модель системи постачання товару або послуг у межах певного ланцюга постачання з урахуванням рівня запасів, що виникають внаслідок інерційного реагування системи на вихід зі стану рівноваги. Для побудови можливих варіантів системи управління ланцюгами використовуються морфологічні блоки. Розглянуто моделі рівноваги Ерроу–Дебре та Ляпунова для планування та дослідження ланцюгів постачання.

У **розділі 3** досліджено математичні методи побудови нечітких когнітивних карт для пошуку напрямів оптимізації управління ланцюгами постачання. Запропоновано підхід для визначення впливу стохастичних факторів на стан системи постачання, що надає інформацію для прийняття рішень з урахуванням різних методів підтримки прийняття рішень, таких як багатокритеріальна оптимізація та нейронні мережі.

Розділ 4 є найбільшим та ґрунтовним, де на основі теорії графів, математичних моделей та алгоритмів дискретного (булевого) програмування розв'язуються задачі розміщення центру обслуговування споживачів з метою

пошуку найкращого варіанту балансу між вимогами й очікуваннями споживачів та інвесторів. Докладно проаналізовано алгоритм оптимізації розміщення центрів обслуговування клієнтів з метою мінімізації різних видів витрат, включаючи виробничі, транспортні та інвестиційні. Запропоновано багатоступінний метод, який поєднує комбінаторну оптимізацію та системний підхід. Представлено детальний приклад 4.1. для задачі розміщення центру обслуговування споживачів серед ділянок, які розташовані у трьох районах міста, та приклад 4.2, в якому демонструється процес формування підмножини локацій центру. Для оптимізації часу розрахунку задачі пошуку оптимального варіанту розміщення запропоновано псевдобулеву модель, що дає можливість розв'язати задачу за поліноміальний час. У розробленому багатоступінному методі враховуються інтереси всіх учасників процесу постачання. Для моделювання ризиків міграції споживачів було застосовано модифіковану версію гри «Game of Life», що дозволило оцінити стійкість локацій до змін у вимогах споживачів.

У **розділі 5** для управління потоками в ланцюгах постачання розглянуто та досліджено методи аналізу системи постачання з метою оптимізації структури ланцюгів постачання. Запропоновано ітераційний метод, який враховує потужність ланок і пропускну здатність між ними. Розглянуто чисельний приклад оптимізації логістичної частини ланцюга постачання та проведено чисельне моделювання, що підтверджує ефективність запропонованого алгоритму оптимізації структури мережі.

У **розділі 6** розглянуто підхід до розв'язання задач управління запасами в ланцюгах постачання за невизначеності. Основою підходу є математичні моделі та алгоритми формування оптимальної стратегії управління замовленнями і визначення розміру оптимальної партії замовлення в умовах стохастичного попиту з урахуванням показників максимізації при проведенні операцій, підвищенні коефіцієнту оборотності запасів та зменшенні витрат на обслуговування. Представлено модельні приклади розрахунків та порівняння

результатів різних методів планування управління запасами, що дозволяє оцінювати ефективність цих методів.

Ступінь обґрунтованості основних положень та висновків дисертації

Основні наукові положення дисертаційної роботи Симонова Д.І. належно обґрунтовані й узгоджені з фундаментальними положеннями системного аналізу та теорії оптимізації, основані на аналізі сучасних досліджень, представлених у вітчизняних і зарубіжних літературних джерелах та експериментальних даних. Це сприяло формалізації основних наукових тверджень, положень, висновків та рекомендацій у дисертації здобувача. Інтегральна структура дисертаційного дослідження демонструє системний підхід до вивчення теми та повністю розкриває її суть.

Дисертаційна робота містить нові науково обґрунтовані математичні моделі, алгоритми та чисельні результати комп'ютерних експериментів і приклади числових розрахунків за проведеними дослідженнями, що мають важливе значення при оптимізації інтегрованих ланцюгів постачання. Основні результати дисертації пройшли детальну апробацію, доповідалися на міжнародних конференціях і семінарах. Здобувачем опубліковано 7 статей у фахових виданнях та 15 наукових праць у інших виданнях.

Наукова новизна одержаних результатів

У дисертаційній роботі Симонова Д.І. вперше подано ряд теоретичних і практичних результатів, що відкривають нові перспективи для дослідження систем постачання. У частині теоретичних внесків роботи розроблено математичну модель системи постачання товарів або послуг в межах конкретного ланцюга постачання, враховуючи рівень запасів, які виникають через інерційність реагування системи на зміни стану рівноваги. Крім того, запропоновано новий алгоритм побудови нечіткої когнітивної карти для математичного моделювання процесів постачання, оснований на концепції взаємозв'язків, що перетворюються у зважений граф, який є імітацією

досліджуваної системи. Також розроблено метод еквівалентного розв'язання багатокритеріальної задачі про розміщення з використанням псевдобулевого перетворення, що значно спрощує процес розв'язування задачі. Особливий акцент робиться на методі побудови морфологічного блоку управління системою керування, який використовує алгоритми машинного навчання та комбіноване зважене значення коефіцієнтів рівноваги Ерроу–Дебре та Ляпунова. У контексті практичних реалізацій модифіковано гру «Game of Life» для створення алгоритму моделювання ризиків міграції споживачів, розроблено метод пошуку оптимальної структури ланцюгів постачання, а також алгоритм оптимізації умов постачання товарів за рахунок підвищення ефективності управління запасами та зменшення витрат.

Практичне значення результатів дослідження

Математичні методи інтегрованих ланцюгів постачання є ключовим дослідженням у сфері оптимізації та управління сучасними постачальними системами. Стратегічне значення даної роботи полягає в розробці та застосуванні математичних інструментів, що спрямовані на раціоналізацію та підвищення ефективності ланцюгів постачання в умовах глобалізації та зростання конкуренції. Основна мета дослідження полягає у вивченні та аналізі методів оптимізації логістичних процесів, управління ресурсами та взаємодії з партнерами в ланцюгах постачання. Отримані наукові результати стануть важливим інструментарієм для вирішення актуальних завдань, таких як розробка інвестиційних стратегій, аналіз ризиків та оптимізація взаємовідносин зі споживачами. Специфікація дослідження передбачає аналіз великих об'ємів даних для ефективного моделювання та прогнозування динаміки ланцюгів постачання. Це дозволить забезпечувати точність і надійність стратегічних рішень у сфері логістики та управління ресурсами підприємств. Таким чином, вивчення математичних методів інтегрованих ланцюгів постачання є необхідним для розвитку сучасного бізнесу, орієнтованого на оптимізацію ресурсів, підвищення конкурентоспроможності та забезпечення сталого

економічного розвитку. Результати дисертаційної роботи були отримані та пройшли апробацію при виконанні науково-дослідної тематики трьох тем, що виконувалися в Інституті кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України.

Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях

Дисертаційну роботу викладено на 172 сторінках друкованого тексту, де обсяг основного тексту – 133 сторінки; вона включає вступ, шість розділів, висновки та список використаних першоджерел (209 джерел). Робота проілюстрована 15 рисунками та містить 16 таблиць. Основні наукові положення та висновки сформульовані відповідно до поставлених завдань дисертаційної роботи.

Зауваження стосовно змісту та оформлення дисертації

Автору не вдалося уникнути певних недоліків у роботі:

1. Необхідно чіткіше сформулювати Теорему 2.1, яка є важливою для дисертаційної роботи.
2. Переплутані висновки щодо факторів після таблиці 3.2.: маємо «Як можливо побачити з таблиці 3.2, фактор впливу x_3 має значний позитивний вплив на систему (0,353), в порівнянні з іншими факторами; система, в свою чергу, має значний вплив на фактор x_1 , значення 0,3», потрібно «...фактор впливу x_1 має значний позитивний вплив на систему (0,300), ... система, в свою чергу, має значний вплив на фактор x_3 , значення 0,353».
3. На с. 79, рядок 16, маємо: «непересічні підмножини вершин графу». Ясно, що мали на увазі «підмножини, що не перетинаються», бо «непересічні» має інше тлумачення і перекладається як remarkable, outstanding, незаурядный.
4. На с. 90 в математичній моделі багатокритеріальної задачі (4.13)–(4.17) необхідно пояснити параметр u .
5. На с. 99 при формулюванні постановки багатокритеріальної задачі є помилка у визначенні для кожної групи споживачів власних наборів критеріїв.

Також в формулі (4.27) необхідно пояснити вагові коефіцієнти відповідності рівня вимог, які мають декілька позначень.

6. Інформацію про програмну реалізацію представлених в дисертації алгоритмів доцільно було б розширити та включити в роботу через оформити додатки з поясненням інтерфейсу стосовно вхідних даних і результатів розрахунків.

7. Зауваження щодо оформлення списку використаних джерел. Не наведено ініціали першого автора у працях 2, 22, 88, 105, 110, 115, 133, 143, 167, 171, 183, 202. У праці 2 два співавтори не зазначені. У праці 22 прізвище другого автора відформатовано як назва праці. У працях 128, 158 та 174 із-за невірного розташування лапок прізвище автора приєднується до назви. У праці 156 є згадка лише про чотирьох з 13 співавторів (у таких випадках потрібно вказувати «та інші»). У праці 191 маємо «Те С. Ну.» замість «Т. С. Ну.». Праця 122 має лише 927 сторінок, а не 3409, як вказано автором.

8. На жаль, у роботі є граматичні та друкарські помилки, але вони не заважають розуміти основний зміст дисертаційної роботи (с. 25, 29, 54, 55, 71, 77, 80, 110, 111). Наприклад технічна помилка с. 115, 148 вказано «Game of Lofe», повинно бути – «Game of Life», на с. 99, останній рядок, маємо «зазначити» замість «подати».

9. В цілому дисертаційна робота гарно оформлена, але с. 76 можна скоротити редагуванням підрозділу, оскільки ця сторінка містить два рядки.

Вищенаведені зауваження мають несуттєвий та рекомендаційний характер, частина з них є технічними. Представлені зауваження не зменшують наукової цінності дисертаційної роботи та не заперечують отриманим в роботі науковим результатам.

Висновок

Розглянувши дисертацію, праці здобувача, ступінь новизни наукових положень та практичну значимість отриманих у роботі результатів, вважаю, що дисертаційна робота Симонова Д.І. на тему «Математичні методи інтегрованих

ланцюгів постачання» є закінченим самостійним науковим дослідженням, в якому отримано нові результати, що в сукупності вирішують поставлене наукове завдання. Дисертаційна робота відповідає стандарту спеціальності 113 «Прикладна математика» та виконана на високому науково-методичному рівні. Визначену мету дослідження досягнуто, а основні завдання вирішено.

Зважаючи на вищесказане, дисертація за актуальністю, об'ємом і рівнем проведених досліджень, науковою новизною і практичною значимістю 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, а її автор Симонов Денис Ігорович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Офіційний опонент,
професор кафедри математичної інформатики
факультету комп'ютерних наук та кібернетики
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка,
доктор технічних наук, професор



Володимир ЗАСЛАВСЬКИЙ

Підпис *Заславський* засвідчую
Заст. декана *О.А.Капустян* О.А.Капустян