

РЕЦЕНЗІЯ

**кандидата технічних наук, доцента,
завідувача кафедри системного аналізу та управління Національного
технічного університету «Дніпровська політехніка» Желдака Тімура
Анатолійовича на дисертаційну роботу Сергєєва Олексія Сергійовича
«Моделі і методи прийняття рішень для аналізу і планування матеріальних
потоків у системах медичної логістики», що подається до захисту в разову
спеціалізовану раду на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 124 «Системний аналіз», галузь знань 12 Інформаційні
технології**

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю дослідження підходів для подолання викликів функціонування логістичних систем під час кризових ситуацій. Логістичні процеси є ключовим елементом у прийнятті рішень щодо управління матеріальними потоками та визначають ефективність організації і планування постачання, зберігання, транспортування й розподілу ресурсів. Створення або масштабування логістичної інфраструктури ускладнюється низкою чинників, зокрема значною кількістю кінцевих споживачів та наявністю кількох взаємопов'язаних етапів у ланцюгах постачання. У зв'язку з цим формалізація відповідних процесів у вигляді багатоетапних транспортно-логістичних задач, що охоплюють розміщення об'єктів, визначення зон обслуговування та організацію маршрутів, є важливим напрямом досліджень у сучасних умовах функціонування логістичних систем. Це підтверджується пріоритетами сучасної державної політики та реалізацією низки державних програм і реформ, у процесі імплементації яких прийняття раціональних рішень щодо створення й розвитку логістичної інфраструктури має принципове значення. Зокрема, це стосується реалізації соціальних програм (підтримка ветеранів), освітніх ініціатив (Нова українська школа) та програм у сфері охорони здоров'я, спрямованих на підвищення доступності медичних послуг. Важливу роль відіграють також системні реформи, пов'язані зі збереженням людських ресурсів держави, трансформацією освітнього процесу та системи охорони здоров'я. Окрім цього, активно приділяється увага розвитку енергетичної галузі, зокрема впровадженню відновлюваних джерел енергії, встановленням

автономних систем електропостачання та досягненням енергетичної незалежності, а також процесами цифрової трансформації, що передбачають забезпечення доступу до швидкісного інтернету та надійного зв'язку.

Структура та зміст дисертаційної роботи. Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків, що підтверджують апробацію та впровадження результатів дослідження.

У роботі чітко визначена мета, яка полягає у підвищенні ефективності функціонування системи медичної логістики шляхом розробки та удосконалення математичних моделей багатоетапних транспортно-логістичних процесів, а також розробки підходів для розв'язання багатоетапних задач розміщення-активації. Для досягнення мети дослідження, автором підкреслена необхідність вирішення таких задач: проаналізувати сучасний стан системи медичної логістики, оцінити її функціонування в кризових ситуаціях, виявити слабкі місця, а також узагальнити моделі, методи й інформаційні технології розв'язання транспортно-логістичних задач і задач розміщення-активації та визначити напрями подальших досліджень; розробити математичні моделі багатоетапного розподілу лікарських засобів з активацією регіональних і субрегіональних центрів при фіксованих центрах дистрибуції та підходи й алгоритми розв'язання задач розміщення-активації з визначенням зон обслуговування центрів дистрибуції; провести обчислювальні та експериментальні дослідження з метою перевірки адекватності побудованих моделей, коректності роботи алгоритмів, визначення рекомендованих параметрів і оцінки ефективності розробленого алгоритму; розробити та впровадити програмне забезпечення для підвищення ефективності функціонування транспортно-логістичних систем медичної логістики.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, визначено мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження. Сформульовано нові наукові результати роботи та її практичну значущість.

У першому розділі автором проведено огляд і системний аналіз сучасних підходів до розв'язання задач розміщення та активації в логістичних системах. Розглянуто передумови формування задач, основні класи методів і підходів до їх розв'язання, а також сучасні методи математичного моделювання та оптимізації. Виявлено обмеженість існуючих рішень щодо врахування великої

кількості споживачів і комбінованих варіантів одночасної активації та розміщення об'єктів на різних етапах. Запропоновано класифікацію методів розв'язання задач розміщення-активації та визначено їх переваги й недоліки. Обґрунтовано перспективність інтеграції неперервних моделей і метаевристичних підходів для розв'язання складних багатоетапних задач із визначенням зон обслуговування.

У другому розділі проведено системний аналіз розподільчих процесів медичної логістики на регіональному рівні на прикладі системи охорони здоров'я України. Ідентифіковано ключові компоненти системи медичної логістики та проаналізовано алгоритм її функціонування в кризових ситуаціях, включно з етапами планування ресурсів, організації перевезень і моніторингу ефективності. На основі аналізу існуючих процесів виявлено низку слабких місць, зокрема відсутність урахування просторових і логістичних факторів, а також недостатнє використання математичних і комп'ютерних методів при прийнятті рішень щодо масштабування логістичної інфраструктури. Показано, що такі обмеження призводять до зростання транспортно-логістичних витрат і зниження оперативності надання медичних послуг. У результаті сформульовано актуальну проблему масштабування системи медичної логістики, що потребує розв'язання на основі формалізованих математичних моделей і методів.

У третьому розділі автором розширено клас багатоетапних задач розміщення-розподілу шляхом введення багатоетапних неперервно-дискретних задач розміщення-активації. Запропоновано класифікацію цих задач, що охоплює різні комбінації фіксованих, активованих і розміщуваних центрів на різних етапах логістичного ланцюга. Розглянуто багатоетапну дискретну математичну модель активації регіональних і субрегіональних центрів при фіксованих центрах дистрибуції. Запропоновано нові математичні моделі багатоетапних процесів розподілу ліків і виробів медичного призначення у вигляді неперервно-дискретних задач розміщення-активації, у яких поєднано транспортні витрати декількох етапів і витрати активації. Показано, що неперервно-дискретний характер задачі істотно ускладнює процес її розв'язання та зумовлює необхідність застосування ефективних обчислювальних методів.

У четвертому розділі розроблено два підходи до розв'язання задач розміщення-активації: у першому підході поєднується еволюційний алгоритм

та методи з теорії оптимального розбиття множин і розв'язання задачі зводиться до двох етапів. При цьому на першому етапі розміщуються центри дистрибуції та визначаються їх зони обслуговування і потреби шляхом розв'язування задачі оптимального розбиття множин, на другому етапі розв'язується дискретна задача активації з відомими координатами центрів дистрибуції і зонами обслуговування; у другому підході загальний процес розв'язання здійснюється із застосуванням еволюційного алгоритму, у якому при оцінюванні кожної хромосоми розв'язується задача оптимального розбиття множин із додатковими зв'язками для визначення координат центрів дистрибуції та їхніх зон обслуговування з урахуванням активованих субрегіональних центрів. Проведене експериментальне порівняння показало, що перший підхід забезпечує швидке отримання наближених рішень і є доцільним для задач реального часу, тоді як другий підхід дозволяє зменшити значення цільової функції та рекомендований для стратегічного планування.

У п'ятому розділі автором проведено однофакторне експериментальне дослідження параметрів генетичного алгоритму для багатоетапної задачі розміщення-активації на моделях різної розмірності. Досліджено залежність часу розв'язання від розміру задачі та виконано оцінку емпіричної часової складності алгоритму, яка узгоджується з теоретичними оцінками й має поліноміальний характер. Встановлено, що визначальним чинником зростання обчислювальних витрат є кількість центрів дистрибуції, тоді як вплив кількості регіональних і субрегіональних центрів є близьким до лінійного. Окрім модельних прикладів, виконано розв'язання багатоетапних дискретних і неперервно-дискретних практичних задач із використанням реальних даних. Отримані результати підтверджують працездатність і практичну застосовність запропонованих моделей та алгоритмів. У висновках узагальнено результати дослідження із зазначенням вирішеної науково-прикладної проблеми.

Ступінь обґрунтованості, новизни та достовірності наукових положень.

Отримані у роботі результати є науково і теоретично обґрунтованими, достовірними і апробованими. Для побудови математичних моделей та розробки методів і алгоритмів розв'язання багатоетапних неперервно-дискретних задач розміщення-активації були застосовані методи системного аналізу, математичного моделювання, дискретної та недиференційованої оптимізації, еволюційні методи. Адекватність запропонованих моделей і

отриманих у роботі результатів підтверджується проведенням експериментальним дослідженнями на модельних тестових задачах, яке включало планування однофакторних і багатофакторних експериментів та подальший статистичний аналіз отриманих результатів.

Програмна реалізація алгоритмів базується на положеннях теорії алгоритмів, принципах об'єктно-орієнтованого програмування та технологіях розробки багатопотокового програмного забезпечення з паралельними обчисленнями із застосуванням мови Python3, бібліотеки PyQt6; C++ та ін.

Новизна наукових результатів полягає у наступному.

1. Уперше запропоновано нові математичні моделі багатоетапних процесів розподілу ліків та виробів медичного призначення у вигляді неперервно-дискретних задач розміщення-активації, що дозволяють підвищити ефективність функціонування системи медичної логістики шляхом визначення місць раціонального розташування центрів дистрибуції, їх зон обслуговування та плану перевезень.
2. Уперше розроблено комбінований підхід до розв'язання неперервно-дискретних задач розміщення-активації, заснований на еволюційних алгоритмах і використанні методів оптимального розбиття множин.
3. Набули подальшого розвитку засоби комп'ютерного моделювання шляхом інтеграції сучасних ПС з програмною реалізацією алгоритму розв'язання багатоетапної неперервно-дискретної задачі розміщення-активації з визначенням зон обслуговування.
4. Розширено клас багатоетапних задач розміщення-розподілу за рахунок доповнення багатоетапними неперервно-дискретними задачами розміщення-активації.
5. Удосконалено систему медичної логістики шляхом впровадження нових підходів реагування на критичні ситуації, які базуються на математичних моделях багатоетапних процесів розподілу ліків та виробів медичного призначення, а також на методах розв'язання відповідних оптимізаційних задач.
6. Удосконалено еволюційні підходи до розв'язання багатоетапних дискретних задач розміщення-активації шляхом надання рекомендацій щодо вибору параметрів і процедур алгоритму.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях. Результати дисертації Сергєєва О.С. достатньо повно викладені у 20 роботах. Вони включають 6 статей (1 одноосібно), з яких 1 включена до міжнародної науково

метричної бази Web of Science, 5 включено до переліку фахових видань (категорія Б) затверджених МОН України за спеціальністю 124 Системний аналіз, 1 авторське свідоцтво на твір (одноосібно) та 13 публікацій у матеріалах конференцій (з яких 11 – міжнародних). Основні результати дисертаційної роботи, що мають науково-прикладний характер, апробовано та опубліковано в періодичних наукових виданнях і вони повністю відображають наукові положення, винесені на захист.

Академічна доброчесність. При вивченні змісту роботи та публікацій порушень академічної доброчесності не встановлено.

Як зауваження до представленої роботи вважаю відмітити наступне:

1. Формулювання «вибір еволюційного підходу через його порівняння з методом рою часток та мурашиним алгоритмом» на сторінці 123 є неточним, оскільки методи PSO та ACO також належать до класу еволюційних методів оптимізації, що, зокрема, зазначено на с. 119 дисертаційної роботи.
2. У процесі аналізу літературних джерел автором наголошено на різноманітті підходів до формування нового покоління в генетичних алгоритмах. Водночас у запропонованих алгоритмах (рис. 4.1 та рис. 4.9) та їх описі даному аспекту приділено недостатньо уваги, що доцільно було б уточнити або деталізувати.
3. Під час класифікації експериментальних (тестових) задач за розмірністю (малі, середні, великі) задача розмірності $5 \times 30 \times 100$ віднесена до категорії «середніх», тоді як задача $1 \times 30 \times 200$ – до «великих». Зазначене розмежування потребує додаткового пояснення або уточнення критеріїв віднесення задач до відповідних класів розмірності.
4. У розділі, присвяченому аналізу останніх досліджень, зазначається, що проаналізовано різні методи розв'язання задач, які є об'єктом дослідження. Водночас у наведеному огляді основна увага зосереджена переважно на порівнянні постановок задач і особливостей застосування відповідних методів залежно від цих постановок, тоді як безпосереднє порівняння самих методів розв'язання представлено меншою мірою.
5. Використання часу пошуку розв'язку як критерію оцінювання потребує додаткового обґрунтування, з огляду на характер задач активації та

розміщення об'єктів медичної логістики, для яких жорсткі часові обмеження можуть не бути визначальними.

Висловлені зауваження не є визначальними, не знижують загальну наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи. У цілому дисертація вирізняється високим науковим рівнем і новизною, системним та ґрунтовним обґрунтуванням положень, а також має вагоме наукове й практичне значення. Основні висновки та положення дисертаційної роботи є аргументованими й достовірними.

Висновок. Дисертація Сергєєва Олексія Сергійовича: «Моделі і методи прийняття рішень для аналізу і планування матеріальних потоків у системах медичної логістики» є завершеним науковим дослідженням, яке вирішує актуальну задачу підвищення ефективності функціонування системи медичної логістики шляхом розробки та удосконалення математичних моделей багатоетапних транспортно-логістичних процесів, а також розробки нових підходів до розв'язання багатоетапних задач розміщення-активації.

За рівнем актуальності, практичної значущості та наукової новизни дисертаційна робота повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені наказом МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та «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.

Здобувач Сергєєв Олексій Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 124 Системний аналіз.

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри системного
аналізу та управління
Національного технічного
університету «Дніпровська
політехніка»



Тімур ЖЕЛДАК