

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертацію здобувачки **Цинь Сяосюань**
на тему «**Розробка методу моделювання пасажирських кореспонденцій**»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 275 Транспортні технології (за видами)

1. Актуальність теми дисертації

На сьогоднішній день транспортне моделювання є одним із найважливіших інструментів підтримки прийняття рішень у плануванні розвитку транспортних систем, в тому числі систем громадського транспорту. Оскільки останніми роками у багатьох країнах спостерігається інтенсивна урбанізація населення, підходи до моделювання роботи саме міських систем громадського транспорту набувають особливої важливості. Поточна практика розробки відповідних моделей передбачає їх представлення моделлю транспортного попиту і моделлю транспортної пропозиції, і якщо порядок побудови першої з них можна вважати достатньо визначеним, то створення другої залишається одним із найбільш складних і проблемних завдань.

До сучасних інструментів вирішення цього завдання відноситься інтервальна концепція моделювання транспортного попиту, яка передбачає представлення останнього декількома матрицями пересувань. Це забезпечує можливість отримання не точкових, а інтервальних оцінок функціонування систем громадського транспорту, але, в той же час, створює певні складнощі, пов'язані із дуже великою множиною можливих станів матриці навіть для невеликих міст. Подоланню подібних складнощів присвячена дисертаційна робота Цинь Сяосюань.

У дисертації здобувачки ретельно досліджені особливості процесу генерації матриць пересувань і сформований алгоритм їх поетапного випадкового заповнення, який забезпечує можливість дотримання одразу декількох обмежень на значення кореспонденцій, котрі можуть накладатися необхідністю забезпечення відповідності модельованого попиту реальним характеристикам транспортного процесу вже на етапі розподілу пересувань. Це звужує діапазон можливих станів матриці кореспонденцій і таким чином розширює можливості інтервальної концепції за рахунок як забезпечення врахування випадковості транспортного попиту, так і відповідності між його моделлю і фактичними характеристиками пересувань населення. Придатність застосування розробленого алгоритму на практиці була перевірена на прикладі моделювання пересувань на громадському транспорті м. Харкова.

У сукупності все вищевикладене вказує на актуальність обраної здобувачкою теми роботи та отриманих нею наукових і практичних результатів.

2. Мета і задачі дисертації

Метою дисертації є розробка методу гарантованої генерації матриць кореспонденцій, який забезпечує формування допустимих станів транспортного попиту із дотриманням групових обмежень, що накладаються фактичними характеристиками транспортного процесу, і збереженням випадковості

заповнення матриць.

Для її досягнення у ході дослідження були вирішені наступні задачі:

- аналіз існуючих методів формування моделей транспортного попиту на пересування вантажів і пасажирів у містах;
- розробка методу поетапної гарантованої генерації випадкових матриць кореспонденцій і встановлення закономірності розподілу кореспонденцій у сформованих матрицях;
- моделювання матриць кореспонденцій із застосуванням базового випадкового методу генерації та експериментальна перевірка схожості параметрів розподілу елементів матриць, сформованих із застосуванням базового та розробленого методів;
- оцінка можливості розробленого методу поетапної гарантованої генерації матриць кореспонденцій у межах інтервальної концепції моделювання потреб населення у пересуваннях громадським транспортом та розробка практичних рекомендації щодо його застосування.

3. Об'єкт дослідження – процес формування попиту на пересування пасажирів міським громадським транспортом.

4. Предмет дослідження – взаємозв'язок характеристик процесу перевезення населення міським громадським транспортом, що визначають формування пасажирських кореспонденцій.

5. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, результатів і висновків дисертаційної роботи підтверджується належним застосуванням інструментів системного аналізу при дослідженні процесів формування транспортного попиту, функціонування систем міського громадського транспорту, обґрунтуванні структури матриць кореспонденцій і взаємозв'язків між їх елементами. Для формалізації процесу генерації випадкових станів матриць кореспонденцій і побудови як базового методу відтворення цього процесу, так розробки поетапного методу гарантованої генерації матриць були використані методи математичного моделювання. Окрім цього, в ході теоретичних досліджень для забезпечення максимально можливого рівня випадковості при заповненні клітинок матриць та з метою оцінювання розподілу кореспонденцій у них доречно застосовувались методи теорії ймовірностей і математичної статистики. В ході виконання експериментальної частини дисертації із застосуванням алгоритмічних методів і методу комп'ютерного експерименту були перевірені сформовані теоретичні основи, реалізовано розроблений метод поетапної генерації, виконано серію експериментів і порівняно отримані результати із результатами базового випадкового методу. При оцінці результатів виконаних досліджень і здійснених розробок був застосований порівняльний аналіз – при оцінюванні ефективності запропонованого методу генерації матриць за критеріями коректності дотримання обмежень і для визначення можливості застосування розробленого методу генерації в межах інтервальної концепції

моделювання транспортного попиту на пересування громадським транспортом.

6. Наукова новизна результатів дисертації полягає у розробці нового методу гарантованої генерації випадкових матриць кореспонденцій, який містить у собі механізм попередження тупикових ситуацій при розподілі кореспонденцій і забезпечує формування допустимих станів транспортного попиту з дотриманням групових обмежень, що накладаються потребою відповідності матриць фактичним характеристикам пересувань пасажирів.

Окрім цього, в дисертаційній роботі отримала подальший розвиток інтервальна концепція моделювання потреб населення у пересуваннях за рахунок доповнення механізмом формування проміжних станів транспортного попиту всередині найбільш ймовірного інтервалу можливих станів матриць кореспонденцій, що істотно розширює можливості практичного використання концепції при вирішенні задач транспортного моделювання і планування.

7. Теоретичну основу дослідження складають наступні положення:

- введене поняття і кількісна оцінка відносного потенціалу кожного з можливих групових обмежень, який дозволяє встановити порядок заповнення клітинок матриці для забезпечення її відповідності бажаним характеристикам пересувань пасажирів;
- аналітичний вираз лінійно-показникової щільності розподілу мінімуму з місткостей транспортних районів по відправленню та прибуттю пасажирів, який визначається на кожному кроці генерації випадкових матриць кореспонденцій;
- аналітичний вираз для опису розподілу кореспонденцій, згенерованих поетапним методом при максимальних обмеженнях, що накладаються на матрицю пасажирських кореспонденцій задля забезпечення її відповідності характеристикам пересувань пасажирів.

8. Практичне значення дисертації

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у використанні отриманих результатів під час виконання двох науково-дослідних робіт колективом кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. До цього слід додати розробку програми для генерації випадкових матриць кореспонденцій, які би одразу відповідали бажаним характеристикам пересувань пасажирів міського громадського транспорту, котра може бути використана у роботах, що передбачають оцінку ефективності функціонування маршрутних мереж громадського транспорту у містах та розробку заходів щодо їх удосконалення.

Також варто зазначити, що отримані в ході виконання дисертації результати були використані у роботі Департаменту будівництва та шляхового господарства Харківської міської ради, Управління житлово-комунального господарства, транспорту та благоустрою Балаклійської міської ради Харківської області, а також при підготовці здобувачів другого (магістерського) і третього (доктор філософії) рівнів вищої освіти, які навчаються у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за спеціальністю J8 Автомо-

більний транспорті.

Практична значущість результатів дисертації підтверджується трьома актами впровадження.

9. Опублікування результатів дисертації

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 5 наукових статтях у виданнях, що відносяться до категорії Б Переліку наукових фахових видань України, зокрема:

1. Любий Є. В., Ковцур К. Г., Цинь С. Постановка задачі випадкового заповнення матриці пасажирських кореспонденцій. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2024. Вип. 2(23). С. 152–158. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i23.1537>.

2. Цинь С., Любий Є. В. Теоретичне обґрунтування результатів генерації матриць пасажирських кореспонденцій випадковим методом. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2025. Вип. 1(24). С. 438–446. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v1i24.1751>.

3. Цинь С., Любий Є. В. Аналіз існуючих методів формування моделей потреб пасажирів у пересуваннях. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), Ч. 2. С. 394–409. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.394-409](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.394-409).

4. Цинь С., Любий Є. В. Теоретичні засади побудови алгоритму гарантованої генерації випадкових матриць пасажирських кореспонденцій. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 12(43), Ч. II. С. 295–303. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).2.295-303](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).2.295-303).

5. Цинь С., Любий Є. В. Оцінювання можливостей інтервальної концепції в підвищенні достовірності результатів моделювання транспортного попиту. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2026. 1(96). С. 159–164. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2026.1.22>

Також здобувачкою опубліковано 8 тез доповідей за матеріалами конференцій, що засвідчує апробацію матеріалів дисертації.

10. Логіка побудови дисертації

Побудова дисертації є логічною, текст роботи викладений грамотно. Він складається з анотації українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено мету, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано задачі роботи, висвітлено зв'язок дисертації з науковими програмами, планами і темами, показана її наукова новизна і практична значущість.

Перший розділ роботи присвячений ретельному аналізу методів прогнозування попиту на перевезення. Значна увага приділена існуючим методам і моделям розрахунку матриць як вантажних, так і пасажирських кореспонденцій.

Другий розділ презентує сформовані здобувачкою теоретичні основи розробки алгоритму реалізації методу гарантованої генерації випадкових матриць

кореспонденцій, в тому числі при необхідності виконання заданих обмежень, котрі накладаються як на матрицю в цілому, так і на її окремі вікна (кишені). Також у розділі обґрунтований закон розподілу значень кореспонденцій, отримуваних при застосуванні пропонованого здобувачкою методу поетапної генерації однойменних матриць.

У третьому розділі виконаний значний обсяг експериментальних досліджень, присвячених застосуванню методу поетапної генерації матриць кореспонденцій на прикладі даних про попит на пересування громадським транспортом у місті Харків.

У четвертому розділі дисертації надано оцінку можливостям застосування розробленого методу поетапної генерації матриць, в тому числі в плані підвищення достовірності результатів моделювання транспортного попиту в рамках інтервальної концепції. Також розділ представляє розроблені практичні рекомендації по застосуванню згаданого методу, які покликані допомогти фахівцям з транспортного моделювання швидко отримати сукупність найбільш ймовірних станів матриці кореспонденцій в умовах обмежених ресурсів.

Висновки по роботі відбивають її основні результати, їх подача узгоджена зі структурою дисертації і поставленими та вирішеними задачами.

Зміст роботи відповідає назві дисертації і спеціальності 275 Транспортні технології (за видами).

11. Відповідність анотації змісту дисертації

Анотація повністю відповідає змісту дисертації.

12. Зауваження та дискусійні положення

Відзначаючи високий науковий рівень виконаної роботи, вважаю за доцільне висловити окремі зауваження та побажання:

– як групові обмеження на заповнення матриць кореспонденцій у роботі розглядаються пасажиропотоки та розподіл дальності пересувань, в той час як застосовувані на практиці обсяги перевезень на маршрутах громадського транспорту, будучи також груповим обмеженням, залишені поза увагою;

– у третьому розділі роботи прийнятною при генерації матриць кореспонденцій вважається частка нерозподілених кореспонденцій 0,25 %. Дане значення хоч і є інтуїтивно прийнятним, але доцільно було би навести аргументи для такого вибору. Те саме стосується і обраного порогу в 1 % від обсягу кореспонденцій у межах певного додаткового обмеження (кишені) за умови, що цей залишок відноситься лише до однієї кишені матриці.

13. Дотримання принципів академічної доброчесності

За підсумками вивчення тексту дисертаційної роботи, наукових праць здобувачки і протоколу контролю оригінальності тексту, сформованому програмним засобом StrikePlagiarism, встановлено, що дисертація виконана здобувачкою самостійно, текст роботи не містить плагіату і відповідає вимогам академічної доброчесності. Літературні джерела і текстові запозичення, на які є посилання у тексті дисертації, належним чином ідентифіковані.

ВИСНОВОК

Обсяг і рівень виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, актуальність поставленого і вирішеного науково-прикладного завдання і значення отриманих результатів для транспортної науки і практики дозволяють твердити про те, що дисертація здобувачки Цинь Сяосюань на тему «Розробка методу моделювання пасажирських кореспонденцій» є завершеною науковою працею. Отриманим у ній результатам властива наукова новизна і практична значущість, вони є обґрунтованими і впровадженими та роблять вагомий внесок у розвиток методології моделювання попиту на перевезення громадським транспортом у містах. Актуальність обраної теми роботи, обґрунтованість, достовірність, наукова новизна сформульованих положень, висновків і рекомендацій, кількість публікацій відповідають вимогам п.п. 6-9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 № 44. Оформлення дисертації відповідає вимогам освітньо-наукової програми «Транспортні системи» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету і не суперечить вимогам Наказу МОНУ від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та ДСТУ 3008-2015 «Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення». Здобувачка Цинь Сяосюань заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 Транспортні технології (за видами).

Рецензент

канд. техн. наук, доцент
кафедри транспортних систем
і логістики Харківського
національного автомобільно-
дорожнього університету

Станіслав СВІЧИНСЬКИЙ

Підпис доц. Свічинського С.В.

ЗАСВІДЧУЮ

