

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук (спеціальність 05.22.01 – Транспортні системи), доцента, доцента кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету Голуба Дмитра Вадимовича на дисертаційну роботу **Цинь Сяосюань** «Розробка методу моделювання пасажирських кореспонденцій», представлену на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)»

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Найпроблемнішим етапом моделювання потреб населення у перевезеннях з огляду на складність самого процесу залишається формування матриць пасажирських кореспонденцій. Формування фактичної (реальної) матриці пасажирських кореспонденцій для міста або територіальної громади суттєво ускладнюється обмеженістю наявних джерел даних і інструментів, якими користуються фахівці з транспортного моделювання для отримання достовірної інформації про реальні пасажирські кореспонденції. Саме ці дані є базовою основою для побудови якісної матриці кореспонденцій, від точності якої безпосередньо залежить адекватність результатів подальшого моделювання.

Особливо гостро зазначена проблема проявляється на прикладі великих і надвеликих міст, маршрутні системи яких характеризуються значною протяжністю, високою щільністю мережі та різноманіттям напрямків пасажирських перевезень. За таких умов традиційні підходи до формування матриць пасажирських кореспонденцій часто виявляються недостатньо ефективними або надмірно ресурсоємними, що знижує практичну цінність отриманих результатів. У зв'язку з цим пошук нових та удосконалення існуючих методів побудови моделей транспортного попиту на пересування пасажирів набуває особливої актуальності, оскільки їх застосування може суттєво вплинути як на ефективність функціонування маршрутної пасажирської мережі, так і на якість розробки та оцінювання можливих сценаріїв розвитку міської транспортної системи в цілому.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Результати дисертації Цинь Сяосюань отримані, спираючись на ґрунтовний аналіз наявного практичного і наукового досвіду формування моделей транспортного попиту на пересування населення міст громадським транспортом. Результати дисертаційної роботи ґрунтуються на використанні даних, отриманих за рахунок проведення польових досліджень за

пересуванням пасажирів у місті Харкові. У роботі коректно застосовані методи теорії ймовірностей і математичної статистики, методи математичного та імітаційного моделювання із супутнім залученням базових елементів програмування.

Наукова новизна результатів дисертації.

У дисертації Цинь Сяосюань вперше розроблено метод гарантованої генерації випадкових матриць пасажирських кореспонденцій, який, на відміну від існуючих, забезпечує формування заданої кількості допустимих станів транспортного попиту за наявності групових обмежень транспортного процесу, а також запропоновано поетапний алгоритм формування матриць пасажирських кореспонденцій, що поєднує максимальну випадковість заповнення їх елементів із механізмом уникнення тупикових ситуацій.

Окрім цього, отримала подальший розвиток інтервальна концепція моделювання потреб населення у пересуваннях, яку доповнено механізмом формування проміжних станів транспортного попиту всередині допустимого інтервалу, що істотно розширює можливості її практичного використання у задачах транспортного планування і моделювання.

Практичне значення результатів дисертації.

Напрацювання дисертації ЦиньСяосюань знайшли впровадження на практиці: запропонований алгоритм поетапної генерації випадкових матриць кореспонденцій прийнятий до уваги Департаментом будівництва та шляхового господарства Харківської міської ради та Відділом житлово-комунального господарства, транспорту та благоустрою Балаклійської міської ради Харківської області для прогнозування розвитку систем громадського транспорту. Результати дисертаційної роботи також впроваджені в освітній процес при підготовці здобувачів другого (магістерського) і третього (освітньо-наукового) рівнів вищої освіти, які навчаються на факультеті транспортних систем Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)».

В цілому результати, отримані у дисертаційній роботі, є цінними для фахівців з транспортного моделювання.

Повнота висвітлення результатів дисертації у наукових працях.

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в:

– 5 наукових статтях у виданнях, які входять до переліку наукових фахових видань України;

– 8 тезах доповідей у збірниках матеріалів Всеукраїнських та Міжнародних конференцій.

Це відповідає п. 8 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із змінами).

Структура і зміст дисертації.

Дисертаційна робота складається з анотації українською та англійською мовами, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 138 найменувань, 7 додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи становить 139 сторінок, містить 17 рисунків та 9 таблиць.

Зміст *анотації* являє собою узагальнений короткий виклад основного змісту дисертації та представляє ключові результати дослідження, його наукову новизну, теоретичне і практичне значення, рекомендації.

У *вступі* представлено актуальність і обґрунтування вибору теми дисертаційної роботи, зазначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, вказано методи дослідження, наукову новизну отриманих результатів, особистий внесок здобувача в опубліковані праці, відомості про апробацію матеріалів дисертації, зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, а також практичне значення отриманих у дисертації результатів.

У *першому розділі* дисертації представлено результати аналізу сучасних підходів до прогнозування транспортного попиту на перевезення пасажирів і вантажів. Розглянуто класичні та сучасні методи формування матриць пасажирських кореспонденцій, визначено їх переваги та обмеження. Обґрунтовано доцільність застосування інтервальної концепції для врахування випадкового характеру транспортного попиту та сформульовано основні наукові передумови проведення дослідження у рамках обраної теми.

Другий розділ дисертації присвячено формалізації задачі генерації випадкових матриць пасажирських кореспонденцій в умовах дії одиничних і групових обмежень транспортного процесу. Розроблено принципи побудови базового, випадкового та поетапного методів генерації матриць пасажирських кореспонденцій, а також запропоновано поетапний алгоритм розрахунку матриць кореспонденцій, що забезпечує уникнення тупикових ситуацій у процесі їх генерації. Представлені результати обґрунтування можливого розподілу елементів випадкових матриць пасажирських кореспонденцій, згенерованих як із застосуванням базового, так і поетапного методів.

У *третьому розділі* дисертації наведено результати імітаційних експериментів, спрямованих на дослідження властивостей розроблених методів генерації матриць пасажирських кореспонденцій. Виконано аналіз розподілу елементів матриць, згенерованих із застосуванням базового методу, досліджено вплив обмежень на процес генерації та оцінено стійкість і надійність поетапного алгоритму моделювання матриць пасажирських кореспонденцій.

Четвертий розділ дисертації присвячений оцінюванню надійності результатів моделювання матриць пасажирських кореспонденцій з використанням запропонованого поетапного методу генерації випадкових матриць. Описані можливості інтервальної концепції моделювання транспортного попиту щодо підвищення достовірності результатів за рахунок використання розробленого поетапного методу формування матриць. Представлені практичні рекомендації щодо застосування поетапного методу генерації матриць пасажирських кореспонденцій

У *висновках* до дисертації викладені найважливіші наукові та практичні результати, які можуть бути використані фахівцями з транспортного моделювання у їх діяльності, пов'язаній з плануванням розвитку і організацією ефективної роботи міських транспортних систем, зокрема систем міського пасажирського транспорту.

У *додатки* авторка включила допоміжний матеріал, необхідний для повноти сприйняття дисертації, а саме лістинг програмного коду Visual Basic програми гарантованої генерації випадкових матриць пасажирських кореспонденцій, результати перевірки вимоги, що накладається на додаткові обмеження згенерованих матриць кореспонденцій поетапним методом, вихідну інформацію для визначення виду закону розподілу кореспонденцій у матрицях, сформованих за базовим методом генерації матриць кореспонденцій, результати підбору показникового закону розподілу при описі кореспонденцій матриць, сформованих за базовим методом генерації матриць, вихідну інформацію для визначення виду закону розподілу кореспонденцій у матрицях, сформованих з використанням поетапного методу генерації матриць кореспонденцій, акти впровадження результатів дослідження, список публікацій за темою роботи та відомості про апробацію результатів дисертації.

Дотримання правил академічної доброчесності.

За результатами аналізу дисертації та публікацій здобувачки порушень академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації або фабрикації тексту в дисертації відсутні.

Недоліки та зауваження.

1. Підтверджена у дисертаційній роботі відповідність розподілу елементів згенерованих матриць пасажирських кореспонденцій показниковому закону на основі критеріїв Пірсона та Колмогорова-Смірнова є обґрунтованою, однак недостатньо розглянуто альтернативні закони розподілу (логнормальний, гамма-розподіл), які також широко застосовуються для опису закономірностей транспортного попиту.

2. Для аналізу надійності результатів генерації матриць пасажирських кореспонденцій у рамках інтервальної концепції моделювання транспортного попиту використано показники транспортної роботи та середньої дальності поїздки. Разом з тим не розглянуто показники, безпосередньо пов'язані з якістю транспортного обслуговування пасажирів, наприклад, час пересування/поїздки у громадському транспорті, кількість пересадок, що могло б розширити практичну інтерпретацію отриманих результатів.

3. Представлені у підрозділі 4.3 практичні рекомендації щодо застосування розробленого поетапного методу генерації матриць пасажирських кореспонденцій та комп'ютерної програми мають переважно прикладний характер, однак у низці випадків носять узагальнений характер і не завжди супроводжуються кількісними межами застосовності, що могло б підвищити їх практичну цінність для фахівців з транспортного моделювання.

4. У третьому розділі дисертації для апробації розробленого методу генерації матриць кореспонденцій використано відомі дані про попит на пасажирські пересування у місті Харкові, отримані з результатів попередніх дисертаційних досліджень. Водночас у роботі недостатньо детально проаналізовано ступінь їх актуальності та репрезентативності з огляду на можливі структурні зміни транспортного попиту, що могли відбутися з часом.

Загальні висновки.

Спираючись на аналіз змісту дисертації Цинь Сяосюань, наукову новизну отриманих результатів, їх практичну значущість, підтверджену актами впровадження, рівень обґрунтованості і достовірності положень роботи можна зробити висновок, що дисертація Цинь Сяосюань на тему «Розробка методу моделювання пасажирських кореспонденцій» є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові результати, що спрямовані на вирішення актуальної науково-прикладної задачі визначення транспортного попиту на пересування пасажирів громадським транспортом. За обсягом та рівнем виконаних теоретичних і експериментальних досліджень, їх науковою новизною і практичною значущістю дисертація

відповідає спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» і вимогам Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а здобувачка Цинь Сяосюань заслуговує присудження їй ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» з галузі знань 27 «Транспорт».

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри експлуатації та
ремонту машин Центральноукраїнського
національного технічного університету

Дмитро ГОЛУБ

Підпис доц. Голуба Д.В. засвідчує,
проректор з наукової роботи та
міжнародних зв'язків



Андрій ТИХИЙ