

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Мельнікової Юлії Ігорівни
на тему «Синхронізація розкладів руху громадського транспорту із
використанням евристичних методів і імітаційного моделювання»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі
знань 27 Транспорт за спеціальністю 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)

Актуальність теми дисертаційної роботи

Вирішення завдання задоволення потреб у перевізних послугах є вирішальним для функціонування транспортних систем сучасних міст, агломерацій і країн в умовах прискореної урбанізації. В його рамках актуальною лишається проблема забезпечення мобільності пасажирів з належним рівнем якості транспортного обслуговування громадським транспортом, оскільки в українських містах неузгодженість розкладів руху і тривале очікування на зупинках залишаються звичними явищами. Одним із ефективних шляхів вирішення подібних проблем є синхронізація розкладів руху громадського транспорту, оскільки це сприяє зменшенню часових витрат пасажирів на пересування.

Дисертаційна робота Мельнікової Ю.І. присвячена розробці дієвого підходу до вирішення задачі синхронізації розкладів руху у транспортно-пересадочних вузлах і на мережі громадського транспорту в цілому, який має високу обчислювальну ефективність та адаптивність до різних умов застосування і дозволяє отримувати релевантні рішення. Це робить обраний здобувачкою напрямок досліджень актуальним.

Метою дисертаційної роботи є підвищення якості обслуговування пасажирів шляхом синхронізації розкладів руху міського громадського транспорту на основі комплексного підходу, що інтегрує евристичні алгоритми та дискретно-подієве імітаційне моделювання.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішені наступні **задачі**:

- виконано аналіз існуючих наукових підходів до синхронізації розкладів руху громадського транспорту та обґрунтовано доцільність застосування евристичних методів для оптимізації пасажирських перевезень;
- сформовано комплексну методику імітаційного моделювання системи міського громадського транспорту як інструментальну базу для верифікації та оцінки якості транспортного обслуговування при різних варіаціях розкладу;
- запропоновано методичний підхід до формування синхронізованих розкладів руху, адаптований до роботи в умовах динамічного та стохастичного характеру пасажирського попиту;
- виконано серію експериментальних досліджень з метою встановлення закономірностей впливу параметрів обраної евристики на ефективність процесу транспортного обслуговування пасажирів.

Об'єктом дослідження виступив процес транспортного обслуговування пасажирів у мережі міського громадського транспорту в умовах стохастичного попиту на перевезення.

Предметом дослідження були методи та алгоритми синхронізації розкладів руху міського громадського транспорту на основі евристичної оптимізації та імітаційного моделювання.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, результатів та висновків.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, забезпечується коректним застосуванням системного аналізу, теорії ймовірностей та математичної статистики. Для пошуку субоптимальних рішень задачі синхронізації розкладів руху громадського транспорту були застосовані генетичні алгоритми (ГА).

Логіка побудови дослідження базується на послідовному переході від аналізу емпіричних даних про пасажиропотоки до застосування теоретичних моделей і генетичних алгоритмів. Результати апробації підтвердили ефективність запропонованого підходу до вирішення задачі синхронізації розкладів, яке визначається параметричним налаштуванням ГА.

Методологічну основу дослідження становить застосування системного аналізу, що дало змогу зробити декомпозицію процесу транспортного обслуговування та виявити багаторівневу ієрархію взаємозв'язків між його елементами. Для врахування фактору невизначеності при моделюванні обслуговування пасажирів громадським транспортом використано апарат теорії ймовірностей та математичної статистики. Побудова архітектури ГА базувалася на об'єктно-орієнтованому підході. Оцінка динамічної стійкості мережі громадського транспорту та ефективності її функціонування здійснювалася за допомогою імітаційного моделювання. З огляду на NP-складність задачі синхронізації розкладів, пошук рішень реалізовано за допомогою ГА. Для встановлення залежностей між часом очікування пасажирів та внутрішніми параметрами евристичного алгоритму використано регресійний аналіз.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні важливого науково-прикладного завдання підвищення рівня обслуговування пасажирів громадського транспорту шляхом формування підходу до синхронізації графіків руху із застосуванням генетичного алгоритму.

Вперше розроблено комплексний підхід до синхронізації розкладів руху міського громадського транспорту, який, на відміну від існуючих, дозволяє формувати субоптимальні розклади руху шляхом визначення раціональних меж налаштувань генетичного алгоритму за встановленими закономірностями впливу його параметрів на середній час очікування пасажирів.

Удосконалено методику синхронізації розкладів руху міського громадського транспорту, яка, на відміну від існуючих, базується на інтеграції генетичних алгоритмів та дискретно-подієвого імітаційного моделювання процесу обслуговування пасажирів у пересадочних вузлах, що дозволило

реалізувати механізм динамічної оцінки функції пристосованості особин популяції за показниками функціонування транспортної системи з урахуванням випадкових затримок транспортних засобів та нерівномірності попиту на перевезення.

Набув подальшого розвитку підхід до імітаційного моделювання процесів транспортного обслуговування пасажирів міським громадським транспортом, що полягає у розробці та впровадженні модуля генерації нестационарного випадкового попиту. Запропоноване рішення дозволяє відтворювати коливання транспортного попиту у часі та просторі, що підвищує адекватність імітаційної моделі під час оцінки ефективності синхронізації розкладів руху.

Практичне значення результатів дослідження полягає у розробці методики синхронізації розкладів руху на маршрутах міського громадського транспорту з використанням генетичних алгоритмів, що дозволяє формувати субоптимальні розклади руху за критерієм мінімуму середнього часу очікування пасажирів у пересадочних вузлах.

Важливим напрямком розширення практичного значення результатів дослідження є інтеграція розробленого мовою програмування Python алгоритму синхронізації розкладів руху до програмного продукту для макроскопічного транспортного моделювання PTV Visum через архітектуру COM.

Результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» при підготовці бакалаврів і магістрів спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» (J8 Автомобільний транспорт), а також при викладанні дисциплін «Управління автомобільними перевезеннями» і «Пасажирські перевезення», що підтверджується відповідним актом впровадження.

Оприлюднення та апробація результатів дослідження. Усі наукові результати, представлені в дисертаційній роботі, отримані автором особисто і висвітлені у 4 публікаціях у виданнях, включених у перелік наукових фахових видань України, а також у виданнях, індексованих базою даних Scopus:

1. Мельнікова, Ю.І., Наумов, В.С., Таран, І.О., Бовін, Д.П. Синхронізація розкладів руху міського громадського транспорту у пересадочному вузлі з використанням генетичних алгоритмів. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті 2024, 23, 180-187. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i23.1540>.

2. Naumov, V., Taran, I., Melnikova, Yu., Kapica, D. Minimizing passenger waiting in public transport: A genetic algorithm approach to bus schedule synchronization. Proceedings of 28th International scientific conference Transport Means, 2024, 91-96. <https://doi.org/10.5755/e01.2351-7034.2024.P91-96>.

3. Kapica, D., Melnikova, Yu., Naumov, V. Synchronization in public transportation: A review of challenges and techniques. Future Transportation 2025, 5(1). <https://doi.org/10.3390/futuretransp5010006>

4. Мельнікова, Ю.І. Аналіз впливу параметрів на ефективність застосування генетичного алгоритму при вирішенні задачі синхронізації руху

громадського транспорту. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки 2026, 13(44), 424-432. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.13\(44\).424-432](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.13(44).424-432).

Результати роботи доповідалися та отримали схвалення на 5 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема в Києві, Вінниці, Харкові, Щецині та Каунасі у період з 2023 по 2026 роки.

Зауваження та дискусійні положення.

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу, вважаю за доцільне висловити такі дискусійні положення, які дозволять удосконалити представлення проведеного дослідження.

1. Припущення про те, що робочі параметри маршрутів громадського транспорту залишаються незмінними протягом дня, потребує аргументів на користь його застосування.

2. У пункті 4.1.3 стверджується, що «для всієї маршрутної мережі ... середній час очікування сягає 48 хвилин», що означає наявність більших значень часу очікування. Результати існуючих досліджень показують, що при такому часі очікування пасажери зазвичай знають розклад руху і підходять під конкретне відправлення транспортного засобу, щоб звести час очікування до мінімуму або нуля. Через це виникає питання чи дійсно розроблена імітаційна модель відбиває реальну ситуацію.

3. У підрозділі 4.3 повсюдно застосований регресійний аналіз, але для побудованих моделей не наведений один з важливих результатів такого аналізу – коефіцієнт детермінації. Даний коефіцієнт доцільно додати до таблиць з іншими результатами регресійного аналізу, що дозволить отримати ширше уявлення про те наскільки добре отримані моделі описують результати експериментальних досліджень.

Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами вивчення тексту дисертації, наукових праць здобувачки і довідки про перевірку на плагіат встановлено, що дисертація виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату і відповідає вимогам академічної доброчесності. Перевірка наявності текстових запозичень виконана у системі StrikePlagiarism. Усі літературні джерела і запозичення, на які є посилання у тексті дисертації, належним чином ідентифіковані.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Мельнікової Юлії Ігорівни на тему «Синхронізація розкладів руху громадського транспорту із використанням евристичних методів і імітаційного моделювання» є завершеним науковим дослідженням, присвяченим вирішенню важливої науково-прикладної задачі з галузі транспортних систем і технологій.

Робота відповідає 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 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44. Дисертація оформлена згідно з вимогами освітньо-наукової програми «Транспортні системи» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету і не суперечить вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації». Здобувачка Мельнікова Юлія Ігорівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті).

Рецензент доцент кафедри
транспортних систем і логістики
Харківського національного
автомобільно-дорожнього
університету, к.т.н., доцент



Станіслав СВІЧИНСЬКИЙ

Підпис доц. Свічинського С.В.

ЗАСВІДЧУЮ