

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

Бунчуков О.А. (директор департаменту автоматики та телекомунікацій ПАТ “Укрзалізниця”)

канд. тех. наук І.М. Сіроклін, канд. тех. наук С.О. Змій,

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ПРЯМЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА ОСНОВІ ЕЛЕМЕНТАРНИХ МАРШРУТІВ

У рамках комплексного дослідження методів підвищення точності контролю експлуатаційних характеристик електрорухомого складу метрополітену обґрунтовано необхідність моделювання пасажиропотоків. Аналіз попередніх досліджень у сфері громадського транспорту [1] свідчить про еволюцію методів операційних досліджень і планування, однак більшість із них зорієнтовані на макрорівень і не дозволяють деталізувати індивідуальні траєкторії пасажирів.

Класичні підходи, засновані на оцінці OD-матриць із даних смарт-карт [2] або на латентних моделях вибору маршруту [3], потребують значних припущень щодо поведінки пасажирів і залишають певну невизначеність відносно фактичного шляху. Для отримання еталонних даних у представленому дослідженні застосовано нестандартний метод прямого моделювання пасажиропотоків у транспортній мережі метрополітену. В його основу покладено підхід до формалізації структури переміщень шляхом декомпозиції мережі на набір елементарних маршрутів.

Під елементарним маршрутом розуміється переміщення електрорухомим складом між двома суміжними станціями у певному напрямку, тоді як повний рух поїзда по всій лінії не розглядався. Таким

чином, будь-який повний шлях пасажирів від станції входу до станції виходу може бути представлений у вигляді послідовності елементарних маршрутів.

На початковому етапі сформовано базу всіх можливих послідовностей елементарних маршрутів у межах заданої транспортної мережі в розрізі їх реалізації у часі. Ця база даних включала як прямі поїздки без пересадок, так і маршрути зі зміною ліній. Вона виступала універсальним простором можливих траєкторій, придатним для подальшого аналізу.

На наступному етапі здійснено генерацію пасажирів. На відміну від класичних підходів, де задається ймовірність входу пасажирів на конкретній станції, у запропонованій методиці випадкова величина визначається за іншим принципом. Кожному агенту-пасажирові одразу призначається один із допустимих маршрутів із загального простору, фактично – ймовірність реалізації того чи іншого маршруту із масиву вже визначених на попередньому етапі. Значення ймовірності реалізації конкретної послідовності елементарних маршрутів встановлюється пропорційно до заданих вагових коефіцієнтів, що відображали поведінкові стратегії (мінімізація кількості пересадок, пріоритет швидких або коротких маршрутів).

Для проведення імітаційного експерименту застосовано метод рандомізації: кожен агент-пасажир отримує маршрут шляхом випадкового вибору з множини можливих, з урахуванням їхніх ймовірностей. У результаті для загальної сукупності з 60 000 агентів-пасажирів згенеровано детальну базу даних, що містила часові мітки проходження кожного елементарного відрізка. Це дозволило сформувати еталонні дані навантаження на кожен перегін і кожен поїзд у динаміці моделювання (рис. 1).

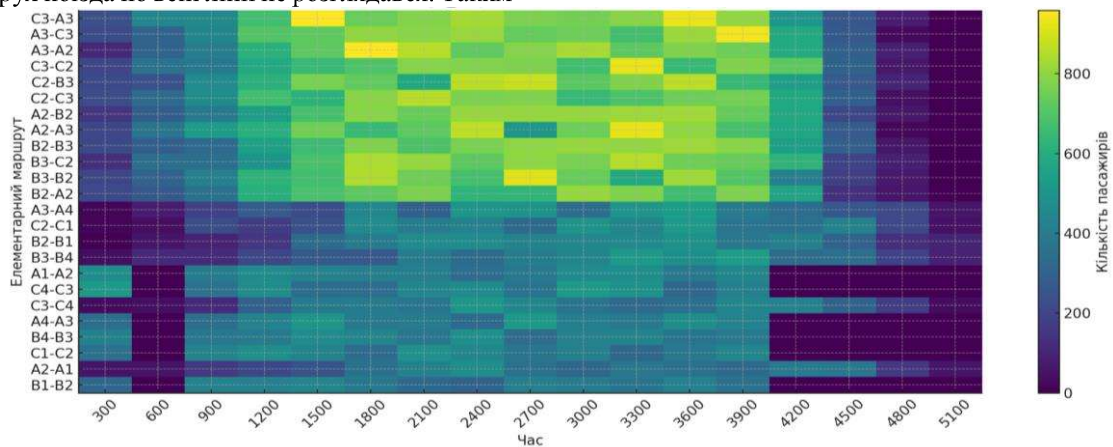


Рис. 1. Теплова карта моделювання завантаженості елементарних маршрутів у часі

Оригінальність підходу полягає у зміні точки прикладання ймовірнісного механізму.

Замість генерації факту входу на станцію реалізовано генерацію повного маршруту. Така схема усуває невизначеність щодо подальших переміщень пасажирів та дає змогу відразу отримувати точний розподіл навантаження по всіх елементарних маршрутах. Перспективним напрямом є інтеграція такого підходу в системи цифрових двійників транспортної інфраструктури [4], що дозволяє поєднати модельовані та реальні дані для прогнозних сценаріїв.

Розроблена методика прямого моделювання забезпечила: уніфікацію опису маршрутів на основі елементарних сегментів; можливість варіювати стратегії вибору шляху через систему вагових коефіцієнтів; створення повної еталонної бази навантаження для задач перевірки реконструктивних моделей.

Література

1. Cats, O., Gkiotsalitis, K., & Schöbel, A. (2025). *50 Years of Operations Research in Public Transport*. EURO Journal on Transportation and Logistics, 14, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.ejtl.2025.100160>
2. Hussain, A. E., Bhaskar, A., & Chung, E. (2021). *Transit OD matrix estimation using smartcard data: Recent developments and future research challenges*. Transportation Research Part C, 125, 103044. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103044>
3. Mo, B., Ma, Z., Koutsopoulos, H., & Zhao, J. (2023). *Passenger Path Choice Estimation Using Smart Card Data: A Latent Class Approach with Panel Effects Across Days*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.03808>
4. Ou, Y., Mihaita, A.-S., Ellison, A., Mao, T., Lee, S., & Chen, F. (2025). *Rail Digital Twin and Deep Learning Electronics*, 14(12), 2359. <https://doi.org/10.3390/electronics14122359>

УДК 629.4.05:621.391.8

к.т.н. Сосунов О.О.

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОЇ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ В ІСНУЮЧІЙ СИСТЕМІ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Розглядається потенційна можливість використання цифрової фільтрації в існуючій системі локомотивної сигналізації. Ця система

застосовується як додатковий засіб регулювання руху поїздів на дільницях, обладнаних автоблокуванням.

Існуючий фільтр локомотивної системи сигналізації ФЛ 25/75М є пасивним та побудованим в аналоговому виді. Побудова смугових фільтрів на низьких частотах потребує великих індуктивностей, що містять багато меді. Крім цього, аналогові фільтри характеризуються низькою стабільністю частотних характеристик.

Одним з методів підвищення стабільності частотних характеристик є використання цифрових фільтрів. На відміну від аналогових фільтрів вони не потребують періодичного контролю частотних характеристик. Для локомотивної системи сигналізації запропоновані як цифрові фільтри з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ-фільтр), що не мають аналогових прототипів, так й фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою (НІХ-фільтри) для яких існують аналогові прототипи.

Цифрові КІХ-фільтри потребують для своєї реалізації, як правило, багато коефіцієнтів, однак вони безумовно стійкі та мало чутливі до округлення коефіцієнтів, що неминуче при кінцевій розрядній сітці процесора.

Цифрові НІХ-фільтри потребують для своєї реалізації, як правило, мало коефіцієнтів, однак вони чутливі до округлення коефіцієнтів, що неминуче при кінцевій розрядній сітці процесора.

Цифрові НІХ-фільтри були розроблені різними методами: методом розміщення нулів та полюсів, інваріантним перетворенням імпульсної характеристики та білінійним з-перетворенням. Дійсно, для їх реалізації було потрібно мало коефіцієнтів – від 8 до 12, але вони потребували для своєї реалізації з врахуванням впливу округлення коефіцієнтів на результуючу АЧХ процесорів ЦОС з плаваючою точкою. Тільки НІХ-фільтр, розроблений методом розміщення нулів та полюсів не потребував великої розрядності процесора. Однак таким методом був розроблений тільки режекторний фільтр, інші фільтри були смуговими з придушенням завад за межами смуги перепускання більше 60 дБ.

Цифрові КІХ-фільтри були розроблені також різними методами: методом зважування, методом частотної вибірки та оптимальним методом. Вони потребували для своєї реалізації від 92 до 160 коефіцієнтів. Крім цього, вплив округлення коефіцієнтів був незначним та для реалізації таких фільтрів було достатньо 16 розрядів процесора ЦОС з фіксованою точкою.

З врахуванням проведених досліджень встановлено, що найкращі результати дають цифрові КІХ-фільтри – для їх реалізації потрібні більш дешеві 16 розрядні процесори ЦОС з фіксованою точкою,