

СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ РІЗНИЦІ У МАТРИЦЯХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ОДНАКОВОЇ РОЗМІРНОСТІ

¹ Національний університет водного господарства та природокористування;

² Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація

Проведено аналіз метрик, котрі застосовуються для оцінки відмінностей між матрицями пасажирських кореспонденцій, що відносяться до одного об'єкту дослідження і характеризують різні стани транспортного попиту. За результатами аналізу обрані метрики для перевірки їх інформативності у подальших дослідженнях міських транспортних систем.

Ключові слова: транспортний попит, матриця кореспонденцій, чисельна схожість, структурна схожість, міська транспортна система.

Вступ

З точки зору формалізації потреб населення у пересуваннях міським транспортом зміна розташування центрів транспортного тяжіння при інших фіксованих умовах роботи транспортної системи (ТС) означає зміну місткостей з відправлення та прибуття пасажирів та відповідних значень кореспонденцій у матриці пересувань. Це викликає потребу аналізу методів оцінки зазначених змін у матрицях пасажирських кореспонденцій (МПК) однакової розмірності.

Результати дослідження

Аналіз літературних джерел, присвячених питанням застосування методів порівняння МПК, дозволив виявити ряд показників, які можна поділити на дві групи: метрики чисельної схожості матриць; метрики структурної схожості матриць [1-4].

Мірами, які у контексті практичного застосування можна вважати більш розповсюдженими, є середньоквадратична похибка, міра згоди Тейла, індекс структурної схожості та відстань Вассерштайна.

Середньоквадратична похибка розраховується як

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{Q} \cdot \sum_{q \in Q} (h_q - h'_q)^2}, \quad (1)$$

де h_q, h'_q – значення кореспонденції між q -ю парою транспортних районів (ТР) у базовій та порівнюваній МПК відповідно; Q – загальна кількість клітинок МПК [2].

Значення міри згоди Тейла обчислюється наступним чином [1]:

$$GU = \sqrt{\sum_{q \in Q} (h_q - h'_q)^2 / Q} / \left(\sqrt{\sum_{q \in Q} h_q^2 / Q} + \sqrt{\sum_{q \in Q} h'_q{}^2 / Q} \right). \quad (2)$$

Дані метрики покликані оцінити різницю лише у чисельних значеннях кореспонденцій і не враховують структурні зміни у розподілі кореспонденцій всередині рядків (стовпців) матриці.

Для врахування таких змін застосовуються метрики структурної схожості. Належний до них індекс структурної схожості застосовується до так званих «локальних вікон» порівнюваних матриць, котрі являють собою частину МПК (субматрицю), і рахується як

$$SSIM = \frac{(2 \cdot \mu \cdot \mu' + C_1) \cdot (2 \cdot \sigma_{xy} + C_2)}{(\mu^2 + \mu'^2 + C_1) \cdot (\sigma^2 + \sigma'^2 + C_2)}, \quad (3)$$

де μ, μ' – середнє значення кореспонденцій у досліджуваному локальному вікні у базовій та порівнюваній МПК відповідно; σ_{xy} – коваріація кореспонденцій, що містяться у локальному вікні матриць; σ, σ' – стандартне відхилення значень кореспонденцій у досліджуваному локальному вікні у базовій та порівнюваній МПК відповідно; C_1, C_2, C_3 – константи, котрі застосовуються у випадку близькості середніх значень або стандартних відхилень до 0 [1].

Відстань Васерштайна представляє собою мінімум витрат часу, пов'язаних із такими змінами кореспонденцій в одній МПК, щоб вона стала повністю відповідна іншій [1].

Окремо варто зазначити пару мір, що використовуються в рамках інтервальної концепції визначення станів МПК [3, 4], – відхилення значень кореспонденцій ΔH та різниця у транспортній роботі по реалізації матриць ΔPK :

$$\Delta H = \sqrt{\sum_q (h_q - h'_q)^2}, \quad \Delta PK = \sum_q h_q \cdot l_q - \sum_q h'_q \cdot l_q, \quad (5)$$

котрі можуть бути віднесені до метрик чисельної та структурної схожості відповідно.

Висновки

Для оцінки впливу змін у розташування місць транспортного тяжіння на модель потреб у пересуваннях у міській ТС найбільш інформативним виглядають такі метрики, як відстань Васерштайна та різниця у транспортній роботі по реалізації МК. Вони є зрозумілими і відносно простими у застосуванні та в результаті дають значення технічних показників, важливих для всіх сторін транспортного процесу на міському пасажирському транспорті. В той же час, придатність їх застосування на практиці у вихідному або модифікованому вигляді потребує подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Behara, K.N.S., Bhaskar, A., & Chung E. (2020). A Novel Approach for the Structural Comparison of Origin-Destination Matrices: Levenshtein Distance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 111, 513–530.
2. Zargari, S.A., Memarnejad, A., & Mirzahosseini, H. (2021). A Structural Comparison between the Origin-Destination Matrices Based on Local Windows with Socioeconomic, Land-use, and Population Characteristics. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 9968698.
3. Горбачов, П.Ф. (2009). *Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах* (дис. ... доктора техн. наук, ХНАДУ).
4. Свічинський, С.В. (2015). *Формування функцій розселення міського населення для визначення потреб у перевезеннях громадським транспортом* (дис. ... канд. техн. наук, ХНАДУ).

Пашкевич Світлана Михайлівна — старша викладачка, кафедра транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, e-mail: s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua

Свічинський Станіслав Валерійович — к.т.н., доцент, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, e-mail: stas_svichinsky@ukr.net

Modern methods for estimating the difference in trip matrices of the same dimension

Abstract

The analysis of the metrics used to assess the differences in trip matrices which relate to the same research object and characterise different states of transport demand is presented. Based on the results of the analysis, the metrics were selected to test their informativeness in further studies of urban transport systems.

Keywords: transport demand, trip matrix, numerical similarity, structural similarity, urban transport system.

Pashkevych Svitlana M. — Senior Lecturer, Department of Transport Technologies and Technical Service, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, email: s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua

Svichynskiy Stanislav V. — PhD, Associate Professor, Department of Transport Systems and Logistics, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, e-mail: stas_svichinsky@ukr.net