

Гілевич В.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

Півторак Г.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

Суслов В.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

ОЦІНКА ВАЖЛИВОСТІ ПАРАМЕТРІВ ВИБОРУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ МІСЬКОЮ ТЕРИТОРІЄЮ

Ефективне планування сталої міської мобільності вимагає глибокого розуміння чинників, що визначають поведінку пасажирів при виборі ними способу переміщення в межах міста. На вибір користувача впливають не тільки фактичні значення певних параметрів, але і їх сприйняття індивідами, які приймають рішення про переміщення. Для підвищення популярності громадського транспорту потрібно розуміти, які параметри мають найбільше значення для його існуючих та потенційних користувачів. В роботі проаналізовано шість ключових критеріїв, якими характеризується поїздка громадським транспортом: тривалість поїздки, час очікування, час підходу до зупинки, вартість проїзду, комфортність поїздки та необхідність пересадки. Методологічною основою дослідження є метод найкращий–найгірший (Best-Worst Method), який дозволяє встановити ваги критеріїв на основі попереднього ранжування цих критеріїв користувачами транспортної системи. Початкові дані для дослідження зібрано шляхом проведення опитувань у м. Львові. За результатами аналізу відповідей респондентів встановлено, що найбільший вплив на вибір громадського транспорту має комфорт поїздки як комплексний показник, який враховує заповненість салону транспортного засобу, зручність сидінь, температурний режим в салоні, наявність низької підлоги тощо. Це свідчить про важливість якості рухомого складу для пасажирів на сучасному етапі розвитку системи громадського транспорту у Львові. Отримане значення коефіцієнта узгодженості підтверджує високу надійність отриманих результатів. Спостерігається зв'язок між рівнем комфорту та сприйняттям часу поїздки: за низького комфорту пасажирів більше акцентують увагу на тривалості поїздки, тоді як у містах із розвинутою транспортною системою критичнішими є час очікування, пересадки та доступність. Результати дослідження можуть бути корисними для формування політики підвищення привабливості громадського транспорту.

Ключові слова: модальний розподіл, вибір способу переміщення, міська мобільність, громадський транспорт, метод «найкращий-найгірший».

Постановка проблеми. Ефективна сучасна політика управління попитом на транспортні послуги неможлива без розуміння чинників, які впливають на поведінку пасажирів при виборі ними способу свого переміщення [1]. Саме таке розуміння сприятиме розробці заходів формування сталої мобільності в межах міста, з акцентом на громадський транспорт (ГТ) та немоторизовані переміщення. Аналіз модального розподілу необхідний для прогнозування попиту на подорожі та планування розвитку транспортної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналізуючи останні наукові публікації, можна виділити кілька основних груп чинників, на яких зосереджуються дослідження, пов'язані з вивченням транспортної поведінки населення. До першої групи можна віднести форму міської забудови, до другої – соціо-демографічні та соціо-економічні чинники, до третьої – характеристики поїздки, а до четвертої – суб'єктивні поведінкові чинники.

В праці [2] подано результати досліджень впливу щільності населення та відстані до

центру міста на вибір способу переміщення міською територією на прикладі 19 європейських міст (в поєднанні з врахуванням соціо-демографічних та соціо-економічних показників). Згідно отриманих результатів, відстань поїздки найбільше впливає на вибір автомобіля як способу пересування, з наближенням до центру ймовірність вибору автомобіля зменшується. Автори [3] також зосереджуються на дослідженні чинників першої та другої груп: вивченні поведінки людей похилого віку при виборі способів пересування з врахуванням доступності громадського транспорту. Одним з отриманих ними висновків є те, що при зростанні якості інфраструктури ГТ досліджувана група населення ймовірніше обиратиме громадський транспорт незалежно від наявності в них власного автомобіля.

Критеріями впливу на вибір способу переміщення міською територією в праці [4] є тривалість переміщення, вартість переміщення, вартість паркування та рівень стресу від дорожнього руху (наскільки важко пішоходам чи велосипедистам користуватися дорогою). Вплив цих чинників на ймовірність вибору немоторизованого переміщення сегментується залежно від мети переміщення та рівня доходу подорожуючого. Згідно досліджень [5], на вибір способу пересування в межах міста впливає відстань проїздки, вік подорожуючих, погодні умови та щільність населення.

Частина досліджень робить акцент на громадському транспорті як єдиному на сьогодні дружньому до міського середовища способі задоволення попиту на переміщення на відстані, де немоторизовані переміщення вже не можуть вважатися альтернативою для більшості. Згідно досліджень, на зростання привабливості громадського транспорту значний вплив здійснює надійність та частота руху [6, 7] та близькість до зупинки [8, 9].

Вплив ставлення до певного виду переміщення на задоволеність від подорожі вивчається, зокрема, в праці [10]. На основі проведених досліджень автори стверджують, що формування позитивного ставлення до громадського транспорту та немоторизованих переміщень як дешевших, безпечніших, здоровіших та екологічніших способів пересувань (в поєднанні з реальними можливостями отримати заявлене при користуванні цими способами переміщень) може значно покращити модальний розподіл переміщень в місті.

Постановка завдання. Проведений аналіз наукової літератури загалом підтверджує висновки, сформульовані в праці [8], про те, що кожне місто має свої власні причини, які є основою модального розподілу переміщень і сприяють або перешкоджають розвитку сталих видів транспорту.

Основна ціль дослідження – наблизитися до розуміння того, які чинники найбільше впливають на вибір користувачами громадського транспорту як способу свого переміщення та які заходи будуть найефективнішими для підвищення популярності ГТ з урахуванням специфіки міста Львова.

Виклад основного матеріалу. Метод «найкращий-найгірший» (Best-Worst method – BWM) є одним з багатокритеріальних методів прийняття рішення для дискретних задач. Суть методу полягає у відносній оцінці альтернатив за певним набором критеріїв залежно від значимості цих критеріїв для індивіда, який приймає рішення [11]. Процес застосування методу можна поділити на п'ять кроків [11, 12]:

Крок 1. Формування набору критеріїв, які впливають на прийняття рішення:

$$\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$$

Крок 2. Визначення «найкращого» (a_B) та «найгіршого» (a_W) критерію.

Крок 3. Визначення переваги «найкращого» критерію над усіма іншими з використанням шкали від 1 до 9. Результуючий вектор матиме вигляд:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

Значення a_{Bj} відображає перевагу «найкращого» критерію B над критерієм j.

Крок 4. Визначення переваги кожного з критеріїв над «найгіршим» критерієм з використанням шкали від 1 до 9. Результуючий вектор матиме вигляд:

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$$

Значення a_{jW} відображає перевагу критерію j над критерієм W.

Крок 5. Знаходження оптимальних ваг критеріїв ($w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$), тобто, таких ваг, при яких для кожної пари w_B / w_j та w_j / w_W виконується рівність $w_B / w_j = a_{Bj}$ та $w_j / w_W = a_{jW}$. Цю задачу можна звести до задачі лінійного програмування вигляду:

мінімізувати відхилення $\xi \rightarrow \min$, враховуючи, що для всіх j дійсні умови:

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi$$

$$\left| \frac{w_j}{w_W} - a_{jW} \right| \leq \xi$$

$$\sum w_j = 1 \quad w_j \geq 0$$

Крок 6. Розрахунок коефіцієнта узгодженості моделі:

$$CR = \frac{\xi}{CI}$$

Індекс узгодженості залежить від значення оцінки «найкращого критерію». Фактично, це максимальне значення відхилення ξ . Автор методу пропонує такі значення індексів узгодженості – табл. 1.

Таблиця 1
Значення індексів узгодженості для різних оцінок «найкращого» критерію [11]

a_{BW}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CI	0,00	0,44	1,00	1,63	2,30	3,00	3,73	4,47	5,23

Для подальшого аналізу використано результати опитувань 73 респондентів щодо параметрів їх переміщень міською територією з використанням громадського транспорту. Опитування проводиться онлайн з використанням анкети, створеної у GoogleForms (посилання на анкету – [13]). В структурі вибірки 56% становлять чоловіки. Серед опитаних 69% студентів, що варто враховувати при інтерпретації результатів. Власним автомобілем володіють 53% опитаних, половина респондентів мають освіту в галузі транспорту. Більшість респондентів зазвичай переміщуються міською територією громадським транспортом (58%), 17% – власним автомобілем, 24% – пішки і 1% – велосипедом (всі опитані проживають мінімум останні півроку у Львові).

Критеріями оцінювання для громадського транспорту як способу переміщення обрано такі показники:

– Час переміщення. У випадку переміщення громадським транспортом, окрім тривалості поїздки $c_{рух}$, включає в себе також час підходу до зупинки $c_{підх}$ та очікування на зупинці $c_{оч}$. Кожен з цих елементів часу переміщення розглядається окремо.

– Вартість переміщення ($c_{вар}$). Станом на травень 2025 року вартість поїздки у громадському транспорті Львова становить 13 грн для власників картки Леонарт, 15 грн – при оплаті

банківською карткою та 25 грн – при оплаті готівкою; пересадка в межах 40 хв для власників Леонарт є безкоштовною.

– Комфорт переміщення ($c_{комф}$). Комплексний показник, який включає в себе багато чинників, починаючи від конструктивних особливостей транспортного засобу і закінчуючи можливими способами оплати.

– Відсутність пересадки $c_{пер}$ (пересадка може збільшувати тривалість, вартість та втому від переміщення).

Кожен з цих критеріїв учасники опитування оцінювали за їх значимістю для себе, ранжуючи їх від найменш важливого до найважливішого. Діаграма, побудована на основі результатів опитувань, подана на рис. 1.

Значення середніх оцінок кожного з критеріїв подано в табл. 2.

Таблиця 2
Середні оцінки значимості критеріїв переміщення громадським транспортом (за 6-бальною шкалою)

Критерій	$c_{рух}$	$c_{підх}$	$c_{оч}$	$c_{вар}$	$c_{комф}$	$c_{пер}$
Середня оцінка	3,49	2,82	2,75	2,71	4,10	2,64

Найбільша середня оцінка – в критерію «комфортність переміщення», найменша – в критерію «відсутність пересадки». Тому приймаємо комфортність переміщення за «найкращий» критерій (в нашому випадку – найбільш значимий для опитаних), а критерій «відсутність пересадки», як «найгірший» критерій (найменш значимий для опитаних).

Для визначення переваги «найкращого» критерію проводимо попарне порівняння важливості комфортності переміщення над рештою критеріїв. Для цього використовуємо співвідношення між середніми оцінками критеріїв, пропорційно визначаючи проміжні бали для решти критеріїв. Результати подано в табл. 3 (з врахуванням округлення отриманих результатів до цілих чисел).

Таблиця 3
Порівняльна таблиця переваги «найкращого» критерію над рештою критеріїв

Пара критеріїв	Різниця середніх оцінок	Перевага (Best to Others)
$c_{комф} - c_{рух}$	0,61	3
$c_{комф} - c_{підх}$	1,28	7
$c_{комф} - c_{оч}$	1,35	8
$c_{комф} - c_{вар}$	1,39	8
$c_{комф} - c_{пер}$	0	1
$c_{рух} - c_{пер}$	1,46	9

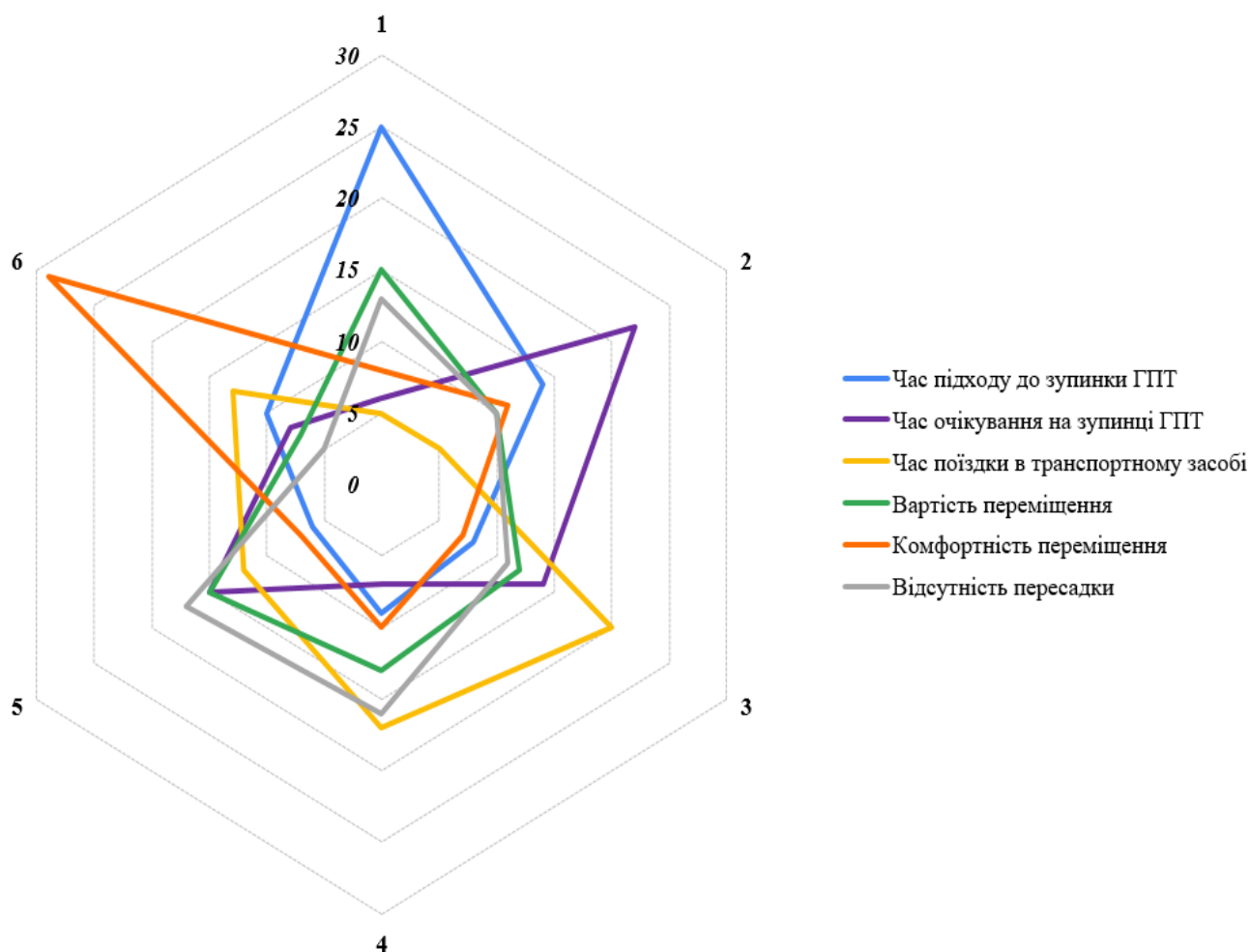


Рис. 1. Розподіл оцінок значимості параметрів переміщення міським громадським транспортом (1 – найменш значимий параметр, 6 – найзначиміший параметр)

Результуючий вектор має вигляд:

$$A_B = (a_{рух}, a_{підх}, a_{оч}, a_{вар}, a_{комф}, a_{пер}) = (3, 7, 8, 8, 1, 9)$$

Аналогічно проводиться порівняння кожного з критеріїв з «найгіршим» критерієм, результуючий вектор має вигляд:

$$A_W = (a_{рух}, a_{підх}, a_{оч}, a_{вар}, a_{комф}, a_{пер})^T = (6, 2, 2, 1, 9, 1)$$

Для пошуку оптимальних ваг критеріїв використано функцію «Розв'язувач» MS Excel, отримані оптимальні ваги критеріїв при значенні мінімального відхилення $\xi \rightarrow 0,06$ подано на рис. 2.

Коефіцієнт узгодженості моделі становить:

$$CR = \frac{0,06}{5,23} = 0,011$$

Значення $CR \leq 0,1$ свідчить про дуже добру узгодженість оцінок.

Висновки. Отримані результати є цікавими для розуміння особливостей українських умов функціонування громадського транспорту.

Велика значимість комфортності свідчить про потребу розвитку інфраструктури ГТ: оновлення парку рухомого складу, підвищення частоти руху для зменшення завантаженості транспортних засобів, особливо в пікові години. Комфорт поїздки безпосередньо впливає на сприйняття її тривалості. За умов низького рівня комфорту пасажирів схильні приділяти більшу увагу саме часу поїздки, порівняно з часом очікування транспорту або часом підходу до зупинки. У таких випадках кожна додаткова хвилина у транспорті сприймається як більш обтяжлива. Водночас, дослідження, проведені в розвинених країнах, демонструють іншу динаміку: у системах із вищим рівнем базового комфорту пасажирів частіше акцентують увагу саме на часі очікування транспорту, ходьбі та пересадках як на основних чинниках незручності [6]. Таким чином, пріоритетність часових параметрів у сприйнятті пасажирів значною мірою залежить від загального рівня комфорту транспортної системи.

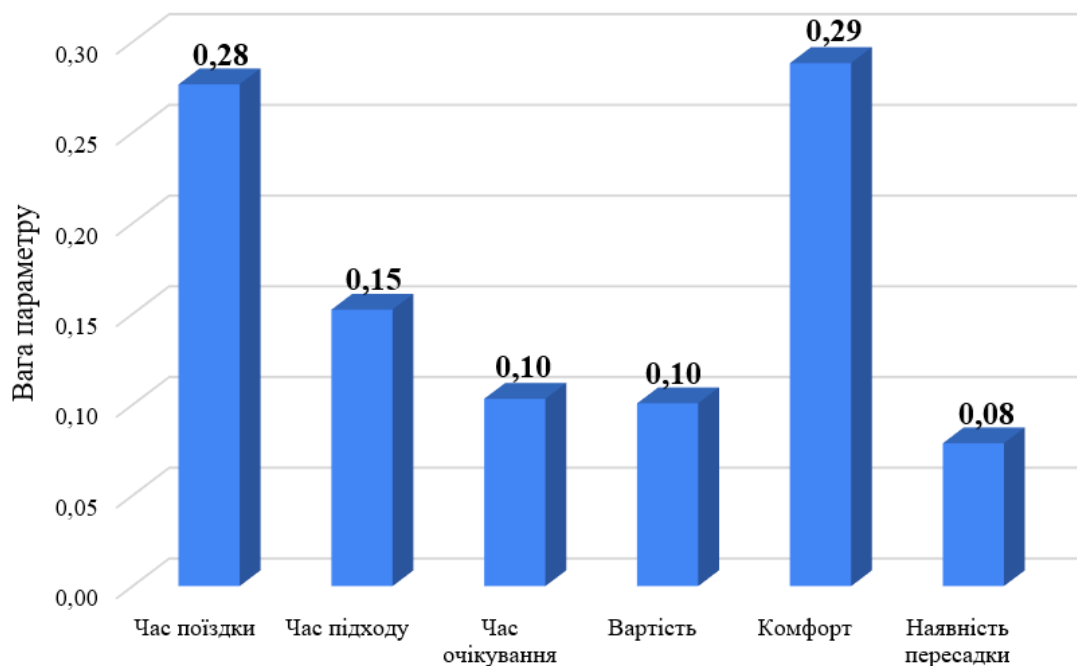


Рис. 2. Оптимальні ваги параметрів переміщення міським громадським транспортом

Список літератури:

1. Moeinaddini A., Habibian M. Exploring the role of objective and subjective factors on car commuters' mode change: An integrated choice and latent variable approach based on the theory of planned behavior. *Transportation Research, Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2025. Vol. 109. P. 1470–1490. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2025.01.009>.
2. Comparing urban form influences on travel distance, car ownership, and mode choice / P. Berrill та ін. *Transportation Research, Part D: Transport and Environment*. 2024. Vol. 126. P. 104087. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104087>.
3. Villena-Sanchez J., Boschmann E. E., Avila-Forcada S. Daily travel behaviors and transport mode choice of older adults in Mexico City. *Journal of Transport Geography*. 2022. Vol. 104. P. 103445. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103445>.
4. How the design of Complete Streets affects mode choice: Understanding the behavioral responses to the level of traffic stress / J. Bas et al. *Transportation Research, Part A: Policy and Practice*. 2023. Vol. 173. P. 103698. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103698>.
5. Predicting the travel mode choice with interpretable machine learning techniques: A comparative study / M. T. Kashifi et al. *Travel Behaviour and Society*. 2022. Vol. 29. P. 279–296. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2022.07.003>.
6. Göransson J., Andersson H. Factors that make public transport systems attractive: a review of travel preferences and travel mode choices. *European Transport Research Review*. 2023. Vol. 151. P. 32. URL: <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00609-x>.
7. Shared micromobility and public transport integration-A mode choice study using stated preference data / A. Montes et al. *Research in Transportation Economics*. 2023. Vol. 99. P. 101302. URL: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2023.101302>.
8. Yanar T. Understanding the choice for sustainable modes of transport in commuting trips with a comparative case study. *Case Studies on Transport Policy*. 2023. Vol. 11. P. 100964. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2023.100964>.
9. Nakshi P., Debnath A. K. Impact of built environment on mode choice to major destinations in Dhaka. *Transportation Research Record*. 2021. Vol. 2675(4). P. 281–296. URL: <https://doi.org/10.1177/0361198120978418>.
10. De Vos J., Singleton P. A., Gärling T. From attitude to satisfaction: introducing the travel mode choice cycle. *Transport Reviews*. 2022. Vol. 42 (2). P. 204–221. URL: <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1958952>.
11. Rezaei J. Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*. 2015. Vol. 53. P. 49–57. URL: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>.

12. Micro-hub location selection for sustainable last-mile delivery / M. Novotná et al. *Plos one*. 2022. Vol. 177. P. 0270926. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270926>.

13. Опитувальник щодо характеристик переміщення міською територією. URL: <https://forms.gle/75FjfpYthJJev3UN9> (дата звернення: 20.05.2025).

Hilevych V.V., Pivtorak H.V., Suslov V.V. ASSESSMENT OF THE IMPORTANCE OF PARAMETERS FOR PUBLIC TRANSPORT CHOICE IN URBAN TRAVEL

Effective planning of sustainable urban mobility requires a deep understanding of the factors that determine the behavior of passengers when choosing a mode of transportation within the city. The user's choice is influenced not only by the actual values of specific parameters, but also by their perception by individuals who make travel decisions. To increase the popularity of public transport, it is necessary to understand which parameters are most important for its existing and potential users. The paper analyzes six key criteria that characterize a trip by public transport: trip duration, waiting time, walking time to reach a stop, fare, comfort of the journey, and the need for a transfer. The methodological basis of the study is the Best-Worst Method, which allows for setting the weights of the criteria based on the previous ranking of these criteria by the transport system users.

Initial data for the study were collected through surveys in Lviv. Based on the analysis of respondents' answers, it was found that the most significant influence on the choice of public transport is the comfort of the trip as a complex indicator that takes into account the occupancy of the vehicle interior; the comfort of seats, the temperature in the cabin, the presence of a low floor, etc. This indicates the importance of the quality of vehicle types for passengers at the current development stage of the Lviv public transport system. The obtained value of the coefficient of consistency confirms the high reliability of the results. There is a connection between the level of comfort and the perception of travel time: with low comfort, passengers focus more on the duration of the trip, while in cities with a developed transport system, waiting time, transfers, and accessibility are more critical. The results of the study can help formulate policies to increase the attractiveness of public transport.

Key words: modal split, mode choice, urban mobility, public transport, Best-Worst method.