

А.О. Боцман, Д.П. Понкратов, Д.М. Рославцев, М.К. Павлов

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

## ОЦІНКА РІВНОЦІННОЇ ВІДСТАНІ ПЕРЕСУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ МІКРОМОБІЛЬНОСТІ ТА МАРШРУТНИМ ПАСАЖИРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ ЗА КРИТЕРІЄМ ЧАСУ

У статті розглянуто питання забезпечення мікромобільності міського населення. Запропоновано аналітичну залежність визначення раціональних сфер здійснення пересувань з використанням засобів мікромобільності, що передбачає встановлення рівноцінної відстані пересування за критерієм часу. У залежності враховано характеристики непрямої лінійності сполучення на маршрутному пасажирському транспорті та засобами мікромобільності, що можуть значно відрізнятись для зазначених способів пересувань.

**Ключові слова:** транспортна система, мікромобільність, рівноцінна відстань, система спільного використання засобів мікромобільності, маршрутний пасажирський транспорт, коефіцієнт непрямої лінійності сполучення.

### Постановка проблеми

Сучасний напрямок удосконалення транспортних систем міст полягає у забезпеченні їхньої стійкості. Під стійкою розуміється така транспортна система, що функціонує ефективно, забезпечує задоволення потреб мешканців міст у пересуваннях з належним рівнем якості та найменшою витратою часу, сприяє економічному розвитку міста та зменшенню негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. Концепція стійкого розвитку міст передбачає розповсюдження альтернативних способів пересувань, зокрема мікромобільності. На користь пересувань з використанням засобів мікромобільності свідчить їхня економічність (відсутність залежності від палива), висока пропускна здатність транспортної інфраструктури забезпечення мікромобільності, екологічність, позитивний вплив на здоров'я користувачів. Разом з цим, слід зазначити, що раціональні сфери здійснення пересувань з використанням засобів мікромобільності у транспортній системі міста є недостатньо вивченими. Це зумовлює актуальність теми статті.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Термін «мікромобільність» вперше з'явився в 2017 році та позначає легкі транспортні засоби (вагою менше 500 кг) призначені для здійснення пересувань на відносно короткі відстані (менше 15 км). До засобів мікромобільності відносять велосипеди (звичайні та електричні) та самокати, а

також інші менш поширені засоби, такі як скейтборд, гіроборд, ховерборд і моноколесо [1].

Ухвалення рішень щодо користування засобами мікромобільності пов'язано з такими категоріями як: безпека, вартість, час і зусилля (витрати фізичної енергії). Опис альтернативних варіантів здійснення пересувань може бути проведений у термінах теорії корисності. Теорія корисності передбачає, що кожен індивід діє так, щоб максимізувати свою корисність. У застосуванні до вибору виду транспорту теорія корисності припускає, що збільшення часу, витрат і зусиль за варіантом пересування призведе до зменшення ймовірності того, що цей варіант буде обрано [1, 2, 3].

Мікромобільність може бути реалізована з використанням власних чи орендованих транспортних засобів. Пересування власними засобами мікромобільності має дуже низьку вартість експлуатації, яка проте врівноважується більшою вартістю утримання. Користування орендованими засобами мікромобільності забезпечує високий рівень зручності в районах з розвинутою доступністю, але це супроводжується високою вартістю в розрахунку на кілометр пробігу і потенційно ненадійною доступністю у районах, де вона є низькою або взагалі відсутня [4].

Розвитку мікромобільності населення значно сприяє впровадження систем спільного використання засобів мікромобільності (*sharing system*), які стають дедалі популярнішим елементом транспортних систем міст. Системи спільного використання загалом можна розділити на дві групи: перша – це системи, де засоби

мікромобільності можна взяти напрокат з однієї станції прокату і повернути на ту ж саму станцію, або на станцію прокату розташовану в іншому місці (*station-based* або *docked sharing systems*). Друга група складається з систем, які дозволяють орендувати засоби мікромобільності, розташовані в різних точках певної області (*free-floating* або *dockless sharing system*). У цих системах немає станцій прокату. Користувачі можуть знаходити та розблокувати засоби мікромобільності у будь-якому місці за допомогою додатку для мобільного телефону [1, 2, 4-7].

Засоби мікромобільності, що належать до систем спільного використання мають вбудовану функцію вимірювання відстані. Проте, персональні засоби мікромобільності зазвичай такою функцією не обладнані. Це ускладнює одержання інформації щодо параметрів пересування персональними засоби мікромобільності [4].

На основі аналізу статистичних даних щодо функціонування системи спільного використання електросамокатів у м. Остін (США) авторами праці [8] було встановлено, що середня відстань поїздки становить 1,561 км, а медіана відстані – 1,074 км. Середня тривалість поїздки становить близько 12 хв., а медіана тривалості – 7 хв. Автори зазначають, що відстань та час поїздки схильні до сезонних коливань. Найбільші значення середньої відстані та часу поїздки спостерігається влітку та знижується восени та взимку.

У праці [9] в результаті аналізу п'яти систем спільного використання електросамокатів та однієї системи електовелосипедів у м. Вашингтон (США) було встановлено, що середня відстань поїздки на електросамокаті змінюється у межах від 0,874 до 2,382 км, з середнім часом поїздки від 4 хв. 47 с до 14 хв. 35 с. Середня відстань поїздки на електровелосипеді становить 4,251 км та середній час поїздки - 24 хв. 11 с.

Аналіз системи спільного використання електричних велосипедів у м. Цюрих (Швейцарія) показав, що середня відстань поїздки складає 2,5 км, а середня тривалість – 10,3 хв. [10].

Під час проведення натурних спостережень, що проводились у Німеччині було встановлено, що середня швидкість руху велосипедиста складає 15,3 км/год [11].

У праці [12] під час аналізу даних системи прокату велосипедів у м. Мадрид (Іспанія) було встановлено, що швидкість пересування на велосипеді змінюється у широких межах залежно від низки чинників. Одним з таких чинників є тип користувача: користувачі, які регулярно користуються велосипедом (*frequent user*) та випадкові користувачі (*occasional user*). Середня швидкість пересування для користувачів, які

регулярно користуються велосипедом складала 14,29 км/год; для випадкових користувачів – 8,59 км/год. Також, швидкість пересування залежить від часу доби у який воно здійснюється. Найбільші значення середньої швидкості руху регулярних користувачів спостерігаються у наступні часові періоди:

- з 7:00 до 10:00 – 15,71 км/год;
- з 22:00 до 1:00 – 14,62 км/год;
- з 1:00 до 7:00 – 15,53 км/год.

В період часу з 10:00 до 22:00 швидкість руху є меншою та змінюється у діапазоні від 13,2 до 13,7 км/год.

Здійснення пересувань на великі відстані з використанням засобів мікромобільності пов'язано зі значними фізичними навантаженнями та зазвичай не забезпечує економії витрат часу. Проте, сумісне використання засобів мікромобільності з маршрутним пасажирським транспортом на початку та (або) наприкінці пересування (*first-mile and last-mile connection*) може скласти реальну конкуренцію застосуванню легкових автомобілів [1, 5, 13–15].

Щоб кількісно визначити, які пересування можуть доповнювати або конкурувати з громадським транспортом у праці [16] запропоновано розподіляти їх на категорії на основі різниці в часі пересування з використанням засобів мікромобільності та громадським транспортом. Ключова ідея полягає в тому, що пересування громадським транспортом може займати більше часу, але якщо воно займає набагато більше часу, то це не вважається розумною альтернативою.

У праці [17] для оцінки доцільності використання велосипеда керуються критерієм економії часу. Як показник, що характеризує раціональні сфери використання велосипеда застосовують критичну (рівноцінну) відстань. Слід зазначити, що при встановленні рівноцінної відстані виходять з припущення, що відстань пересування велосипедом та маршрутним пасажирським транспортом є однаковою. Проте, застосування засобів мікромобільності зазвичай дає змогу здійснювати пересування з меншою непрямолінійністю сполучення ніж маршрутним пасажирським транспортом, що має бути враховано під час встановлення раціональних сфер здійснення пересувань з використанням засобів мікромобільності. Отже, **метою статті** є проведення оцінки рівноцінної відстані пересування маршрутним пасажирським транспортом та з використанням засобів мікромобільності за критерієм часу з урахуванням непрямолінійності сполучень зазначеними способами.

## Виклад основного матеріалу

Згідно до [17] час пересування з використанням засобів мікромобільності між пунктами відправлення та призначення може бути представлений наступним чином:

$$T_{пер}^{MM} = \Delta t + \frac{L_{MM}}{V_{MM}}, \quad (1)$$

де  $\Delta t$  – витрати часу для підготування та закінчення поїздки з використанням засобів мікромобільності, год;

$L_{MM}$  – відстань пересування з використанням засобів мікромобільності, км;

$V_{MM}$  – швидкість сполучення при користуванні засобами мікромобільності, км/год.

Час пересування пасажирів при користуванні маршрутним пасажирським транспортом складається з наступних складників:

$$T_{пер}^{MMT} = 2 \cdot t_{ниш} + t_{оч} + t_{поїзд}, \quad (2)$$

де  $t_{ниш}$  – час пішохідного підходу (відходу) до (від) зупинки громадського пасажирського транспорту, год;

$t_{оч}$  – час очікування пасажирів прибуття транспортного засобу на зупинку, год;

$t_{поїзд}$  – час поїздки у транспортному засобі, год.

Час пішохідного підходу (відходу) до (від) зупинки громадського пасажирського транспорту залежить від відстані, що долає пасажир та швидкості його руху:

$$t_{ниш} = \frac{2 \cdot l_{ниш}}{V_{ниш}}, \quad (3)$$

де  $l_{ниш}$  – відстань пішохідного підходу (відходу) до (від) зупинки громадського пасажирського транспорту, км;

$V_{ниш}$  – швидкість руху пішохода, км/год.

Час очікування пасажирів прибуття транспортного засобу на зупинку залежить від таких чинників як: інтервал руху та регулярність руху, наявність відмов пасажиром у посадці. Відмови пасажиром у посадці виникають у тому випадку, коли не всі пасажирі, які бажають здійснити посадку до транспортного засобу мають таку можливість через його переповнення та змушені очікувати на прибуття наступного.

Час здійснення поїздки залежить від її відстані та швидкості сполучення транспортних засобів на маршруті:

$$t_{ниш} = \frac{l_{поїзд}}{V_c}, \quad (4)$$

де  $l_{поїзд}$  – відстань маршрутної поїздки, км;

$V_c$  – швидкість сполучення на маршрутному пасажирському транспорті, км/год.

Враховуючи представлені залежності час пересування на маршрутному пасажирському транспорті може бути поданий у наступному вигляді:

$$T_{пер}^{MMT} = \frac{2 \cdot l_{ниш}}{V_{ниш}} + t_{оч} + \frac{l_{поїзд}}{V_c}. \quad (5)$$

Відстань, яку долає людина під час користування маршрутним пасажирським транспортом та з використанням засобів мікромобільності можуть суттєво відрізнятись. Більш об'єктивною характеристикою, яка однозначно може бути визначена є відстань між пунктом відправлення та призначення за повітряною прямою ( $l_{повітр}$ ). У такому випадку відстань пересування з використанням засобів мікромобільності ( $L_{пер}^{MM}$ ) може бути представлена через відповідний коефіцієнт непрямої лінійності сполучення ( $\alpha_{MM}$ ):

$$L_{пер}^{MM} = l_{повітр} \cdot \alpha_{MM}, \quad (6)$$

де  $l_{повітр}$  – відстань між пунктом відправлення та призначення за повітряною прямою, км;

$\alpha_{MM}$  – коефіцієнт непрямої лінійності сполучення з використанням засобів мікромобільності.

Аналогічно може бути представлена відстань, що долає пасажир під час пересування маршрутним пасажирським транспортом ( $L_{пер}^{MMT}$ ):

$$L_{пер}^{MMT} = l_{повітр} \cdot \alpha_{MMT}, \quad (7)$$

де  $\alpha_{MMT}$  – коефіцієнт непрямої лінійності сполучення на маршрутному пасажирському транспорті.

З іншого боку, відстань пересування на маршрутному пасажирському транспорті може бути представлена як сума відстані пішохідного руху ( $2 \cdot l_{ниш}$ ) та відстані маршрутної поїздки ( $l_{поїзд}$ ):

$$L_{пер}^{MMT} = 2 \cdot l_{ниш} + l_{поїзд}. \quad (8)$$

Враховуючи залежності (7) та (8) відстань маршрутної поїздки може бути визначена наступним чином:

$$l_{\text{овідо}} = l_{\text{повіпр}} \cdot \alpha_{\text{мтт}} - 2 \cdot l_{\text{ніш}}. \quad (9)$$

Враховуючи представлені залежності час пересування з використанням засобів мікромобільності може бути записаний у вигляді формули:

$$T_{\text{пер}}^{\text{мм}} = \Delta t + \frac{l_{\text{повіпр}} \cdot \alpha_{\text{мм}}}{V_{\text{мм}}}. \quad (10)$$

Відповідно, час пересування маршрутним пасажирським транспортом може бути визначений таким чином:

$$T_{\text{пер}}^{\text{мтт}} = \frac{2 \cdot l_{\text{ніш}}}{V_{\text{ніш}}} + t_{\text{оч}} + \frac{l_{\text{повіпр}} \cdot \alpha_{\text{мтт}} - 2 \cdot l_{\text{ніш}}}{V_c}. \quad (11)$$

Область раціонального використання засобів мікромобільності може бути оцінена за допомогою показника рівноцінної відстані виходячи з критерію витрат часу. Для її встановлення має виконуватись рівність:

$$T_{\text{пер}}^{\text{мтт}} = T_{\text{пер}}^{\text{мм}}. \quad (12)$$

З урахуванням формул (10) та (11) рівність (12) може бути записана у такому вигляді:

$$\frac{2 \cdot l_{\text{ніш}}}{V_{\text{ніш}}} + t_{\text{оч}} + \frac{l_{\text{повіпр}} \cdot \alpha_{\text{мтт}} - 2 \cdot l_{\text{ніш}}}{V_c} = \Delta t + \frac{l_{\text{повіпр}} \cdot \alpha_{\text{мм}}}{V_{\text{мм}}}. \quad (13)$$

Прирівняв час пересування маршрутним пасажирським транспортом та з використанням засобів мікромобільності, й вирішивши отримане рівняння (13) відносно  $l_{\text{повіпр}}$  знаходимо рівноцінну відстань за критерієм часу пересування:

$$L_{\text{рівноці}}^x = \frac{t_{\text{оч}} + 2 \cdot l_{\text{ніш}} \left( \frac{1}{V_{\text{ніш}}} - \frac{1}{V_c} \right) - \Delta t}{\frac{\alpha_{\text{мм}}}{V_{\text{мм}}} - \frac{\alpha_{\text{мтт}}}{V_c}}. \quad (14)$$

Згідно до залежності (14) рівноцінна відстань пересування маршрутним пасажирським транспортом та засобами мікромобільності залежить від таких чинників:

– середнього часу очікування пасажирів прибуття транспортного засобу на зупинку;

– відстані пішохідного підходу (відходу) до (від) зупинки громадського пасажирського транспорту;

– швидкості пішохідного руху;

– витрат часу для підготування та закінчення поїздки з використанням засобів мікромобільності;

– швидкості сполучення на маршрутному пасажирському транспорті та з використанням засобів мікромобільності;

– коефіцієнту непрямолінійності сполучення маршрутним пасажирським транспортом та з використанням засобів мікромобільності.

Швидкість руху пішохода та витрати часу для підготування та закінчення поїздки з використанням засобів мікромобільності можуть бути прийняті як сталі величини, що дорівнюють їхнім середнім значенням.

Час очікування пасажирів прибуття транспортного засобу на зупинку може змінюватись у широких межах залежно від таких параметрів як: маршрутний інтервал, середнє квадратичне відхилення фактичного інтервалу руху від планового (показник регулярності руху), відмов пасажиром у посадці через переповнення салону транспортного засобу, що характеризується певною імовірністю.

Відстань пішохідного підходу (відходу) до (від) зупинки громадського пасажирського транспорту залежить від щільності маршрутної мережі та середньої довжини перегону маршруту міського пасажирського транспорту.

Швидкість сполучення на маршрутах наземного пасажирського транспорту змінюється у широкому діапазоні, що зумовлено насамперед дорожніми умовами та умовами дорожнього руху вздовж траси маршруту. Найбільше значення швидкості сполучення є характерним для метрополітену, яке може сягати 45 – 50 км/год.

Коефіцієнт непрямолінійності сполучення на маршрутному пасажирському транспорті перед усім залежать від транспортно-планувальної структури вулично-дорожньої мережі та напрямку реалізації кореспонденцій. Логічно припустити, що має виконуватись нерівність:

$$\alpha_{\text{мм}} \leq \alpha_{\text{мтт}}. \quad (15)$$

Швидкість сполучення під час реалізації мікромобільності, може змінюватись у певному діапазоні, що залежить від застосованого транспортного засобу, умов руху, часу доби, погодних умов тощо.

Аналіз часу пересування залежно від відстані та різних параметрів його здійснення (рис. 1) показав, що рівноцінна відстань пересування може змінюватись у широких межах, що зумовлено

різним співвідношенням параметрів пересування маршрутним пасажирським транспортом та з

використанням засобів мікромобільності.

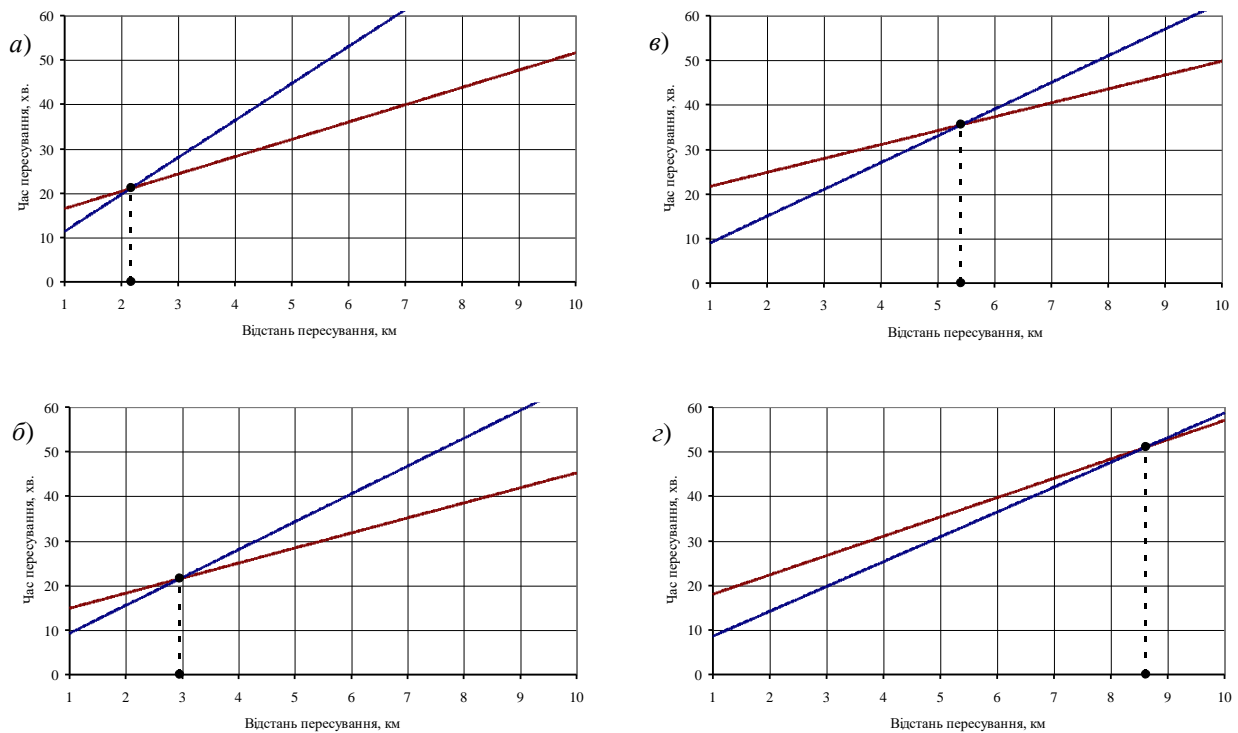


Рис. 1. Графіки зміни часу пересування залежно від відстані за різних параметрів його здійснення:

а)  $t_{оч} = 3$  хв.;  $l_{ниш} = 0,4$  км;  $V_{ниш} = 4$  км/год;  $V_c = 20$  км/год;  $\Delta t = 3$  хв.  $\alpha_{мм} = 1,25$ ;  $\alpha_{мтт} = 1,3$ ;  $V_{мм} = 9$  км/год;

б)  $t_{оч} = 4$  хв.;  $l_{ниш} = 0,3$  км;  $V_{ниш} = 4$  км/год;  $V_c = 24$  км/год;  $\Delta t = 3$  хв.  $\alpha_{мм} = 1,25$ ;  $\alpha_{мтт} = 1,35$ ;  $V_{мм} = 12$  км/год;

в)  $t_{оч} = 6$  хв.;  $l_{ниш} = 0,5$  км;  $V_{ниш} = 4$  км/год;  $V_c = 25$  км/год;  $\Delta t = 3$  хв.  $\alpha_{мм} = 1,2$ ;  $\alpha_{мтт} = 1,3$ ;  $V_{мм} = 12$  км/год;

з)  $t_{оч} = 2$  хв.;  $l_{ниш} = 0,5$  км;  $V_{ниш} = 4$  км/год;  $V_c = 18$  км/год;  $\Delta t = 3$  хв.  $\alpha_{мм} = 1,3$ ;  $\alpha_{мтт} = 1,3$ ;  $V_{мм} = 14$  км/год;

— пересування з використанням засобів мікромобільності; — пересування маршрутним пасажирським транспортом.

## Висновки

У статті запропоновано аналітичну залежність визначення раціональних сфер здійснення пересувань з використанням засобів мікромобільності, що передбачає встановлення рівноцінної відстані пересування за критерієм часу. У запропонованій залежності враховано коефіцієнти непрямої сполучення на маршрутному пасажирському транспорті та засобами мікромобільності, що можуть значно відрізнятись для зазначених способів пересувань.

Напрямок подальших досліджень є вивчення окремого та сумісного впливу чинників, що визначають величину рівноцінної відстані пересування та встановлення закономірностей її змінювання.

## Література

- Liao, F., Correia, G. (2022). Electric carsharing and micromobility: A literature review on their usage pattern, demand, and potential impacts. *International Journal of Sustainable Transportation*, 16 (3), 269-286.
- Macioszek, E., Ciesła, M. (2022). External environmental analysis for sustainable bike-sharing system development. *Energies*, 15(791), 1-22.
- Heinen, E., Van Wee, B., Maat, K. (2010). Commuting by bicycle: an overview of the literature. *Transport reviews*, 30(1), 59-96.
- Ensor, M., Maxwell, O., Bruce, B. O. (2021). Mode shift to micromobility. *Waka Kotahi NZ Transport Agency Research Report*, 674. 111.
- Liu, L., Miller, H. J. (2022). Measuring the impacts of dockless micro-mobility services on public transit accessibility. *Computers, Environment and Urban Systems*, 98, 1-12.
- Elmashhara, M. G., Silva, J., Sá, E., Carvalho, A., Rezazadeh, A. (2022). Factors influencing user behaviour in micromobility sharing systems: A systematic literature review and research directions. *Travel Behaviour and Society*, 27, 1-25.

7. Arias-Molinares, D., Julio, R., García-Palomares, J. C., Gutiérrez, J. (2021). Exploring micromobility services: Characteristics of station-based bike-sharing users and their relationship with dockless services. *Journal of Urban Mobility*, 1, 1-16.

8. Feng, C., Jiao, J., Wang, H. (2022). Estimating e-scooter traffic flow using big data to support planning for micromobility. *Journal of Urban Technology*, 29(2), 139-157.

9. McKenzie, G. (2020). Urban mobility in the sharing economy: A spatiotemporal comparison of shared mobility services. *Computers, Environment and Urban Systems*, 79, 1-15.

10. Guidon, S., Becker, H., Dediu, H., Axhausen, K. W. (2019). Electric bicycle-sharing: A new competitor in the urban transportation market? An empirical analysis of transaction data. *Transportation research record*, 2673(4), 15-26.

11. Schleinitz, K., Petzoldt, T., Franke-Bartholdt, L., Krems, J., Gehlert, T. (2017). The German Naturalistic Cycling Study—Comparing cycling speed of riders of different e-bikes and conventional bicycles. *Safety science*, 92, 290-297.

12. Romanillos, G., Moya-Gómez, B., Zaltz-Austwick, M., Lamiquiz-Dauden, P. J. (2018). The pulse of the cycling city: visualising Madrid bike share system GPS routes and cycling flow. *Journal of Maps*, 14(1), 34-43.

13. Oeschger, G., Carroll, P., Caulfield, B. (2020). Micromobility and public transport integration: The current state of knowledge. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 89, 1-21.

14. Hong, D., Jang, S., Lee, C. (2022). Investigation of shared micromobility preference for last-mile travel on shared parking lots in city center. *Travel Behaviour and Society*, 30, 163-177.

15. Zuniga-Garcia, N., Tec, M., Scott, J. G., Machemehl, R. B. (2022). Evaluation of e-scooters as transit last-mile solution. *Transportation research part C: emerging technologies*, 139, 1-34.

16. Schwinger, F., Tanriverdi, B., Jarke, M. (2022). Comparing Micromobility with Public Transportation Trips in a Data-Driven Spatio-Temporal Analysis. *Sustainability*, 14, 8247, 1-27.

17. Шестокас, В. В., Самойлов, Д. С. (1987) Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах. М.: Транспорт, 207.

## References

1. Liao, F., Correia, G. (2022). Electric carsharing and micromobility: A literature review on their usage pattern, demand, and potential impacts. *International Journal of Sustainable Transportation*, 16 (3), 269-286.

2. Macioszek, E., Cieśla, M. (2022). External environmental analysis for sustainable bike-sharing system development. *Energies*, 15(791), 1-22.

3. Heinen, E., Van Wee, B., Maat, K. (2010). Commuting by bicycle: an overview of the literature. *Transport reviews*, 30(1), 59-96.

4. Ensor, M., Maxwell, O., Bruce, B. O. (2021). Mode shift to micromobility. *Waka Kotahi NZ Transport Agency Research Report*, 674. 111.

5. Liu, L., Miller, H. J. (2022). Measuring the impacts of dockless micro-mobility services on public transit accessibility. *Computers, Environment and Urban Systems*, 98, 1-12.

6. Elmashhara, M. G., Silva, J., Sá, E., Carvalho, A., Rezazadeh, A. (2022). Factors influencing user behaviour in micromobility sharing systems: A systematic literature review and research directions. *Travel Behaviour and Society*, 27, 1-25.

7. Arias-Molinares, D., Julio, R., García-Palomares, J. C., Gutiérrez, J. (2021). Exploring micromobility services: Characteristics of station-based bike-sharing users and their relationship with dockless services. *Journal of Urban Mobility*, 1, 1-16.

8. Feng, C., Jiao, J., Wang, H. (2022). Estimating e-scooter traffic flow using big data to support planning for micromobility. *Journal of Urban Technology*, 29(2), 139-157.

9. McKenzie, G. (2020). Urban mobility in the sharing economy: A spatiotemporal comparison of shared mobility services. *Computers, Environment and Urban Systems*, 79, 1-15.

10. Guidon, S., Becker, H., Dediu, H., Axhausen, K. W. (2019). Electric bicycle-sharing: A new competitor in the urban transportation market? An empirical analysis of transaction data. *Transportation research record*, 2673(4), 15-26.

11. Schleinitz, K., Petzoldt, T., Franke-Bartholdt, L., Krems, J., Gehlert, T. (2017). The German Naturalistic Cycling Study—Comparing cycling speed of riders of different e-bikes and conventional bicycles. *Safety science*, 92, 290-297.

12. Romanillos, G., Moya-Gómez, B., Zaltz-Austwick, M., Lamiquiz-Dauden, P. J. (2018). The pulse of the cycling city: visualising Madrid bike share system GPS routes and cycling flow. *Journal of Maps*, 14(1), 34-43.

13. Oeschger, G., Carroll, P., Caulfield, B. (2020). Micromobility and public transport integration: The current state of knowledge. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 89, 1-21.

14. Hong, D., Jang, S., Lee, C. (2022). Investigation of shared micromobility preference for last-mile travel on shared parking lots in city center. *Travel Behaviour and Society*, 30, 163-177.

15. Zuniga-Garcia, N., Tec, M., Scott, J. G., Machemehl, R. B. (2022). Evaluation of e-scooters as transit last-mile solution. *Transportation research part C: emerging technologies*, 139, 1-34.

16. Schwinger, F., Tanriverdi, B., Jarke, M. (2022). Comparing Micromobility with Public Transportation Trips in a Data-Driven Spatio-Temporal Analysis. *Sustainability*, 14, 8247, 1-27.

17. Shestokas, V. V., Samoilov, D. S. (1987) Conflict situations and traffic safety in cities. М.: Транспорт, 207.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю. О. Давідіч, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

**Автор:** БОЦМАН Анастасія Олексіївна  
аспірант  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [botsman.nastya@gmail.com](mailto:botsman.nastya@gmail.com)

**Автор:** ПОНКРАТОВ Денис Павлович  
доктор технічних наук, доцент  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [dpponkratov@gmail.com](mailto:dpponkratov@gmail.com)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3777-040X>

**Автор:** РОСЛАВЦЕВ Дмитро Миколайович  
кандидат технічних наук, доцент  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [d.roslavtsev@gmail.com](mailto:d.roslavtsev@gmail.com)

**Автор:** ПАВЛОВ Михайло Костянтинович

студент

Харківський національний університет міського  
господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – [rog.garage.01@gmail.com](mailto:rog.garage.01@gmail.com)

## EVALUATION OF THE EQUIVALENT TRIP DISTANCE USING MICROMOBILITY AND PUBLIC TRANSIT ACCORDING TO THE TIME CRITERION

A. Botsman, D. Ponkratov, D. Roslavtsev, M. Pavlov

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*The advanced direction of improving the transport systems of the cities is to ensure their sustainability. Transport system sustainability directed to provide its operational efficiency, ensures the city residents transportation needs satisfaction with the appropriate level of quality and the least of the travel time costs, contributes to the economic development of the city and reduces the negative environmental impact of the transport. The concept of sustainable urban development involves widespread alternative transportation modes, in particular micromobility. The benefits of micromobility include cost-effectiveness (lack of dependence on fuel), high capacity of the transport infrastructure, environmental friendliness, and positive impact on user's health. The main factors that affect users' choice to using micromobility are safety, cost, time and effort. The cost level depends on which one vehicle is used, own or hired through a sharing system. Travel time depends on distance and speed, which is related to the type of vehicle, user experience, time of day, weather conditions, etc. Carrying out long-distance micromobility is associated with significant efforts and usually does not provide time savings. However, the joint use of micromobility with transit services at the first-mile and (or) last-mile of the trip can really compete with private cars.*

*The research proposed an analytical equation of determining the rational spheres micromobility trips choice by users according to the time criterion. This equation involves the definition of the equivalent trip distance by scheduled passenger transport and micromobility considering the directness of connections by the specified modes. It is assumed that the directness of the micromobility trips is higher than for public transit. It was established that the equivalent trip distance can vary widely, which is due to the different ratio of the micromobility and public transit trips conditions. Further research will be focused on the study of the separate and combined influence of equivalent trip distance factors and establishing the patterns of its change.*

**Keywords:** transport system, micromobility, equivalent distance, sharing system, public transit, directness of the connection.