



МРНТИ 73.43.61

Научная статья

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-150-1-213-225>

## Оптимизация размещения остановок общественного транспорта

Б.У. Жаманбаев<sup>1\*</sup>, Г.К. Саменов<sup>1</sup>, У.Ш. Кокаев<sup>1</sup>, Ж.Р. Алипбаев<sup>1</sup>,  
А.А. Каражанов<sup>1</sup>

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Республика Казахстан

(E-mail: zhaman78@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассматривается исследование доступности общественного транспорта как важного инструмента повышения социальной интеграции в Республике Казахстан. Особое внимание уделено анализу факторов, влияющих на движение пешеходов до остановок общественного транспорта и на поездки пассажиров. Представлена двухступенчатая теоретико-экспериментальная модель взаимодействия пешеходов и общественного транспорта, направленная на оптимизацию мест расположения остановок и улучшение транспортной инфраструктуры. Использование метода априорного ранжирования факторов позволяет выделить наиболее значимые из них, такие, как расстояние, время подхода, скорость пешехода и климатические условия. Применение теории подобия и размерностей помогает точнее прогнозировать поведение систем в различных условиях, что способствует более эффективному планированию транспортных сетей. Используя теорию размерности, предлагается новая математическая модель обоснования мест расположения остановок общественного транспорта. Итогом эксперимента является определение мест расположения остановок для поездок в общественном транспорте.

**Ключевые слова:** городской общественный пассажирский транспорт; пешеходная доступность, анкета, остановка общественного транспорта, теория размерности, априорное ранжирование факторов.

Поступила 21.02.2025. Доработана 04.03.2025. Одобрена 18.03.2025. Доступна онлайн 31.03.2025

<sup>1</sup>автор для корреспонденции

## Введение

Общественный транспорт играет ключевую роль в обеспечении доступа к различным видам деятельности и услугам. Он оказывает значительное влияние на такие аспекты, как пространственная доступность, затраты, физические барьеры, информационная прозрачность и отношение граждан. Эти факторы формируют мотивацию и способность населения активно использовать общественный транспорт.

Исследование доступности общественного транспорта как инструмента повышения социальной интеграции в Республике Казахстан направлено на совершенствование его использования [1,2]. Важно отметить, что развитие транспортной инфраструктуры в Казахстане следует общей тенденции стран Восточной Европы. Однако за последние десятилетия наблюдается доминирование индивидуального транспорта, что привело к снижению доли пассажиров, пользующихся услугами общественного транспорта.

Для изучения этих изменений был выбран город Тараз, расположенный на юге Республики Казахстан. Согласно данным Бюро национальной статистики РК [3], численность населения Тараза, в 2003 году составлявшая 439 тыс. человек, на 1 декабря 2024 года увеличилась до 687,5 тыс. человек. Таким образом, за последние 20 лет население города увеличилось на 248,5 тыс. человек, что составило рост на 56,6%. Количество транспортных средств значительно возросло: количество автобусов увеличилось с 2,3 тыс. в 2003 году до 5,7 тыс. в 2023 году (рост 147,83%), количество грузовых автомобилей – с 9,9 тыс. до 23,8 тыс. (рост 140,4%), а количество легковых автомобилей – с 44,8 тыс. до 247,4 тыс. (рост 451,8%). Общее количество транспортных средств в 2003 году составляло 57 тыс. единиц, а в 2023 году – 277 тыс. единиц. Таким образом, общее количество транспортных средств увеличилось на 220 тыс., что составило рост на 386%.

Согласно «СНиП 3.01-01-2008, РК», расстояние между остановками общественного транспорта в черте города должно варьироваться от 400 до 800 метров [4]. Однако стоит отметить, что максимальное расстояние в 800 метров может создавать значительные неудобства для пассажиров, особенно для лиц с ограниченными возможностями передвижения, таких, как пожилые люди, инвалиды или родители с детьми. Важно учитывать, что для этой категории граждан такие расстояния могут быть труднодоступными, что снижает доступность общественного транспорта и препятствует его использованию. Поэтому рекомендуется оптимизировать расположение остановок с учётом потребностей различных групп населения, а также внедрять дополнительные меры для улучшения доступности транспорта для маломобильных граждан.

Общественный транспорт играет важную роль в обеспечении доступности различных видов деятельности и услуг, таких, как работа, образование, здравоохранение, шопинг и социально-развлекательные мероприятия. С ростом населения и увеличением числа индивидуальных транспортных средств города сталкиваются с проблемами, такими, как заторы, шум, выбросы углекислого газа, что приводит к повышению опасности для водителей и пешеходов. В связи с этим спрос на оптимизацию транспортной инфраструктуры возрастает, включая необходимость строительства новых дорог и

развилок, а также улучшения пропускной способности существующих дорог [5,6,7]. Однако исследования показали, что улучшение инфраструктуры мегаполисов решает эти проблемы лишь временно и может даже способствовать развитию кризиса функционирования городской среды. Важно учитывать, что улучшение систем общественного транспорта становится необходимым элементом решения проблемы заторов [8,9,10]. Одним из ключевых факторов эффективного использования общественного транспорта является доступность маршрутной сети, в частности, удобное расположение остановок для пассажиров [11].

Целью данной статьи является исследование мест дислокации остановок общественного транспорта, что позволяет определить точки пересечений пешеходных перемещений и факторы, влияющие на их доступность. Остановка должна отвечать современным требованиям, обеспечивая комфорт для пассажиров, особенно при неблагоприятных погодных условиях [12]. Время ожидания транспорта является важным аспектом, так как хорошо подготовленный пешеход может выдержать воздействие низких или высоких температур только на протяжении 8-10 минут. Это подчеркивает необходимость создания таких остановок, которые минимизируют время ожидания [12].

Места дислокации пассажиров являются индикатором пространственного равенства и уровня обслуживания общественного транспорта [13], что важно для повышения комфортности и увеличения пассажиропотока. Исследования мест дислокации помогают планировщикам учитывать удобство пользователей при размещении транзитных остановок [14]. Существующие методы измерения мест дислокации, основанные на расчете пешеходных расстояний до точек доступа, продолжают развиваться [15]. Однако сбор данных с использованием традиционных методов является дорогостоящим и трудоемким процессом, что требует усовершенствования подходов к оценке доступности [17]. В статье [18] предлагается новый метод исследования мест дислокации пассажиров, основанный на двустадийной теоретико-экспериментальной модели взаимодействия пешехода и общественного транспорта при пассажирских перевозках, что позволит повысить эффективность анализа и планирования транспортных сетей.

## Методология

### Априорное ранжирование факторов

На основании обширных исследований и взглядов предшественников можно выделить несколько ключевых факторов, влияющих на готовность пассажиров двигаться к остановкам общественного транспорта. Важнейшими из них являются минимальное расстояние и время, необходимое для того, чтобы пассажир мог добраться до остановки. Помимо этого, следует учитывать индивидуальные характеристики пешеходов, местоположение остановок, особенности транспортных линий и погодные условия.

Процесс ранжирования факторов, влияющих на поведение пешеходов, можно разделить на несколько этапов, используя примеры из научных работ, консультации с экспертами и методы мозгового штурма. Исходя из этого, можно выделить факторы, которые влияют на место расположения и потоки пешеходов, направляющихся к

остановке, а также на сочетание времени накопления пассажиров на предыдущих остановках.

На основе вышеизложенных данных составлен перечень факторов, воздействующих на исследуемый параметр, и определена область их применения. Все эти факторы были включены в анкету, предназначенную для опроса. Предполагается, что данные факторы оказывают влияние на формирование пассажиропотока на городских остановках. Для выделения наиболее существенных факторов был использован метод априорного ранжирования, который позволяет оценить важность каждого фактора [19,20].

Для проведения априорного ранжирования факторов было проведено анкетирование 50 респондентов, среди которых были профессора, преподаватели, инженеры, студенты и другие специалисты, связанные с пассажирскими перевозками. В ходе опроса респонденты оценивали важность каждого из факторов, присваивая им ранги по порядковой шкале от 1 до 8, где фактор с наибольшим влиянием получал ранг 1.

Данные анкетирования были обработаны с использованием формул для вычисления суммы рангов и средней суммы рангов. Далее на основе полученных данных был рассчитан коэффициент конкордации ( $W$ ), который позволил оценить степень согласованности мнений респондентов. Результаты показали, что коэффициенты конкордации для первой стадии ( $W=0,77$ ) и второй стадии ( $W=0,72$ ) находятся в пределах значений, свидетельствующих о хорошей согласованности мнений респондентов.

Из результатов ранжирования факторов, представленных на рисунках 1 и 2, видно, что для движения пешеходов до остановки наибольшее влияние оказывают такие факторы, как расстояние ( $l$ ), время подхода ( $t_1$ ), скорость пешехода ( $v$ ) и климатическая температура ( $\theta$ ). Для поездки в общественном транспорте наибольшее значение имеют время поездки ( $t_2$ ), скорость движения транспорта ( $v_a$ ), расстояние до транзитной остановки ( $l_a$ ) и интенсивность движения транспорта ( $J$ ).

В результате априорного ранжирования факторов, влияющих на поведение пешеходов и пассажиров общественного транспорта, установлено, что наиболее значимыми для движения пешеходов являются расстояние до остановки, время подхода, скорость пешехода и климатическая температура. Для поездки в транспорте наибольшее влияние оказывают время поездки, скорость движения транспорта, расстояние до транзитной остановки и интенсивность движения. Метод априорного ранжирования, подтвержденный высокой степенью согласованности мнений респондентов, позволяет выделить наиболее значимые факторы для оптимизации пассажиропотока и улучшения транспортной инфраструктуры.

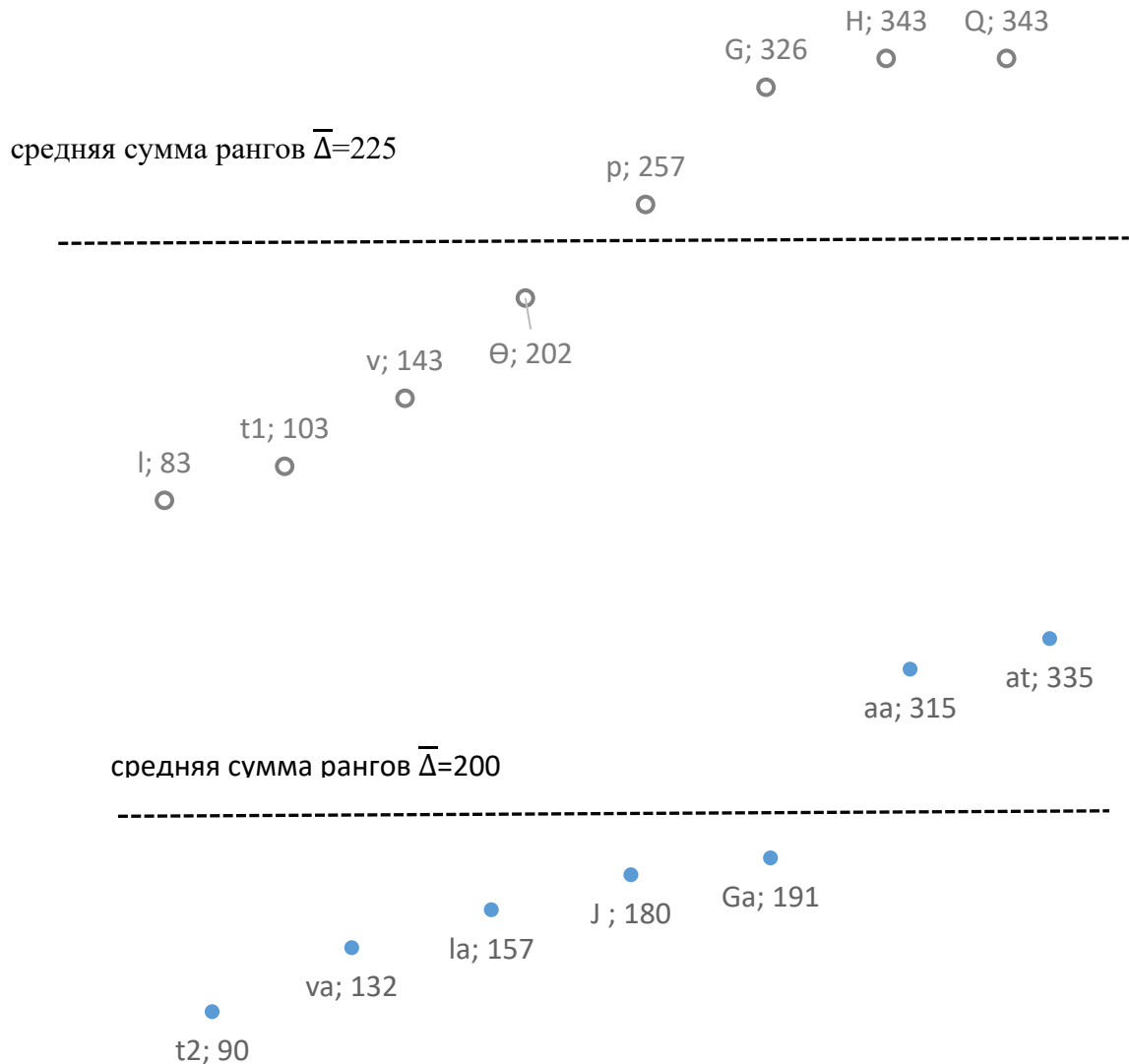


Рисунок 4. Факторы, влияющие на поездку пассажира до транзитной остановки, по сумме рангов.

## Результаты и обсуждения

В рамках проектирования и моделирования в данном вопросе целесообразно использовать теорию подобия и размерностей [21,22]. Эта теория представляет собой важное направление в научных исследованиях. Использование принципов подобия и размерности помогает в анализе масштабируемости процессов, сокращении числа необходимых экспериментов и более точном прогнозировании поведения систем в различных условиях.

Достоинства метода размерностей – быстрая оценка масштабов исследуемых явлений; получение качественных и функциональных зависимостей. Чтобы составить формулу размерности, для каждой основной величины вводим обозначение единицы

значимых переменных для измерения описания движения пешеходов до остановки и поездки пассажира до транзитной остановки, таблица 6.

Таблица 1. Размерность физической величины

№ п/п	Название переменной	Обозначение	Формула размерности	Единица измерения
1	Время подхода к остановке	$t_1$	$T$	$с$
2	Расстояние, пройденное пешеходом до остановки транспорта	$l$	$L$	$м$
3	Скорость пешехода	$v$	$LT^{-1}$	$м/с$
4	Климатическая температура окружающей среды	$\theta$	$ML^2 T^{-2}$	$К$
5	Время поездки в транспорте, с	$t_2$	$T$	$с$
6	Скорость движения транспорта	$v_a$	$LT^{-1}$	$м/с$
7	Вес общественного транспорта	$G_a$	$MLT^{-2}$	$кг*с^2$
8	Интенсивность движения общественного транспорта	$J$	$N*T^{-1}$	$ед./с$

1. На движение пешеходов до остановки, по мнению опрошенных респондентов, влияют следующие факторы  $L$ ,  $t_p$ ,  $v$  и  $\theta$ . Таким образом, пользуясь методикой теории размерности [23], имеем:

(1)

$$t_1 = f(L, v, \theta, p)$$

$$T = (L)^\alpha * (LT^{-1})^\beta * (ML^2T^{-2})^\gamma \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Для } (T) \quad & 1 = -\beta - 2\gamma \\ \text{Для } (L) \quad & 0 = \alpha + \beta + 2\gamma \\ \text{Для } (M) \quad & 0 = \gamma \end{aligned} \quad (3)$$

Решая систему уравнения, имеем:

$$\alpha=1; \beta=-1; \gamma=0. \quad (4)$$

Подставляя найденные значения в основное тождество (2) и интерпретируя математические действия, а также вводя безразмерное соотношение типа  $\frac{\theta}{p \cdot Q}$ , имеем

(5)

$$t_1 = \left(\frac{L}{v}\right) \cdot f\left(\frac{\theta}{p \cdot Q}\right)$$

Анализируя формулу (11), можно констатировать, что на движение пешехода из места

дислокации до остановки влияет не только расстояние (кроме лестничных площадок, качества тротуаров), но и климатическое состояние окружающей среды (жаркое лето, холодная зима).

2. Поездка пассажира до транзитной остановки

На данной стадии важно учитывать множество факторов, влияющих на скорость и комфорт поездки. При выборе факторов были учтены взаимосвязи между ними, такие, как то, что величина « $L_a$ » входит параметр « $v_a$ », а отношение « $a_a$ » к « $a_t$ » является функцией. Следовательно, для более точного моделирования и анализа влияния этих факторов на поездку пассажира следует учитывать их взаимозависимость и функциональные связи.

$$t_2 = \varphi(v_a, J, \sum G_a) \tag{6}$$

$$T = (LT^{-1})^\alpha, (N * T^{-1})^\beta, (MLT^{-2})^\gamma \tag{7}$$

$$\begin{aligned} \text{Для (T)} \quad 1 &= -\alpha - \beta - 2\gamma \\ \text{Для (L)} \quad 0 &= \alpha + \gamma \\ \text{Для (M)} \quad 0 &= \gamma \end{aligned} \tag{8}$$

Вводим безразмерную величину в виде соотношения  $\frac{a_a}{a_t}$ . Решая систему уравнения, имеем:

$$\alpha=0; \beta=-1; \gamma=0. \tag{9}$$

$$t_2 = const \left( \frac{1}{N * t^{-1}} \right) \cdot \varphi \left( \frac{a_a}{a_t} \right). \tag{10}$$

Однако, допуская, что  $\frac{a_a}{a_t} \approx 1$ , достигнут идеальный случай, когда происходит согласованность действия по движению пешехода и общественного транспорта, получаем:

$$t_2 = const \left( \frac{1}{N * t^{-1}} \right). \tag{11}$$

Выразив время движения общественного транспорта  $t$  через  $\frac{L_a}{v_a}$ , имеем:

$$t_2 = const \left( \frac{L_a}{N * v_a} \right). \tag{12}$$

Общая концепция теоретического и экспериментального обоснования Основываясь на логическом осмыслении создавшегося положения, можно предположить следующее:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{L}{v} f\left(\frac{\theta}{p \cdot Q}\right)}{\frac{1}{N * t^{-1}} \cdot \varphi\left(\frac{a_a}{a_t}\right)}, \tag{13}$$

следовательно,

$$\frac{L}{v} f\left(\frac{\theta}{p \cdot Q}\right) \tag{14}$$

или с учетом скорости движения общественного транспорта

$$t_1 = \frac{L \cdot f\left(\frac{\theta}{p \cdot v}\right)}{\frac{L_a}{N \cdot v_a} \cdot \varphi\left(\frac{a_a}{a_t}\right)} * t_2 \quad (15)$$

Таким образом, учитывая то, что скорость движения общественного транспорта в различных государствах регламентирована, в частности, в Казахстане, в том числе в г. Тараз  $v_a = 50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , а экспериментальное определение скорости движения пешехода  $\cong 3 \dots 4$  км/ч, и учитывая вышеизложенные факторы при перемещении пешехода, а также снижение скорости движения общественного транспорта при перекрестках и поворотах, имеем

$$L_a \cong L \cdot \frac{50}{4} \cong (8 \dots 12.5) \cdot L . \quad (16)$$

Полученные зависимости (5,15,16) могут применяться при разработке и обосновании мест расположения остановок общественного транспорта.

Из полученных зависимостей (13, 14, 15, 16) можно сделать вывод, что они могут служить основой для разработки и обоснования оптимальных мест расположения остановок общественного транспорта. Эти зависимости позволяют учесть влияние различных факторов, таких, как скорость пешеходов и общественного транспорта, климатические условия и особенности инфраструктуры, что способствует более эффективному размещению остановок и улучшению качества транспортного обслуживания.

## Заключение

Основные факторы, влияющие на движение пешеходов до остановки, включают расстояние, время подхода, скорость пешехода и климатические условия. Для поездки пассажиров наиболее важными являются время поездки, скорость транспорта и интенсивность движения.

Применение теории подобия и размерностей в анализе позволяет оценить масштаб исследуемых явлений и получить качественные функциональные зависимости.

Полученные зависимости могут быть использованы для разработки и обоснования оптимальных мест расположения остановок общественного транспорта, что улучшит доступность и качество транспортного обслуживания.

Для повышения комфорта пассажиров рекомендуется оптимизировать расположение остановок с учётом потребностей маломобильных граждан и учитывать влияние различных факторов, таких, как погодные условия и скорость движения общественного транспорта.

Формула (16) позволяет обосновать экономное движение общественного транспорта и определить величину скорости для ограничения в том или ином городе, районном центре и т.д.

## Вклад авторов



**Жаманбаев Б.У.** – сбор и анализ данных, разработка математической модели, написание текста статьи, редактирование, координация работы коллектива, подготовка выводов и рекомендаций.

**Кокаев У.Ш.** – концептуальное мышление, анализ данных, участие в разработке модели, редактирование текста, критический анализ результатов, формулирование научных выводов.

**Саменов Г.К.** – сбор и обработка данных, анализ факторов влияния на транспортную доступность, участие в разработке методологии, опыт практического применения результатов исследования.

**Алипбаев Ж.Р.** – сбор данных, участие в анкетировании и обработке результатов, анализ климатических и инфраструктурных факторов, подготовка графических материалов.

**Каражанов А.А.** – разработка концепции исследования, методологии

### Список литературы

1. Можарова, В. *Транспорт в Казахстане: современная ситуация, проблемы и перспективы развития*. Алматы: КИСИ при Президенте РК. 2011.- 216 р.
2. *Promoting Clean Urban Public Transportation and Green Investment in Kazakhstan. Green Finance and Investment*. OECD Publishing. Paris. 2017. 155 р.
3. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. <http://stat.gov.kz/>
4. СНиП РК 3.01-01-2008. *Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских населенных пунктов*. [http://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30503178#pos=1;-240](http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30503178#pos=1;-240)
5. Гудков, В.А. и др. *Пассажирские автомобильные перевозки*. Москва: Горячая линия. Телеком. 2006. 448 р.
6. Спирин, И.В. *Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования*. Москва: Издательство центр «Академия». 2010. 400 р.
7. Горев, А.Э., Олещенко, Е.М. *Организация автомобильных перевозок и безопасность движения*. Москва: Издательский центр «Академия». 2006. 256 р.
8. Dewan, K.K., Ahmad, I. *Carpooling: A Step To Reduce Congestion*. Engineering Letters. Vol. 14. 2007.
9. Gurmu, Z. K. *A Dynamic Prediction of Travel Time for Transit Vehicles in Brazil Using GPS Data*. Master thesis. University of Twente. The Netherlands. 2010. 67 p.
10. Lee, W. C., Si, W., Chen, L. J., Chen, M. C. *HTTP: A New Framework for Bus Travel Time Prediction Based on Historical Trajectories*. In: *Proceedings of the 20th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. SIGSPATIAL, 2012. P. 279-288
11. Ivan, I., Horak, J., Zajickova, L., Burian, J., Fojtík, D. *Factors Influencing Walking Distance to the Preferred Public Transport Stop in selected urban centres of Czechia*. *GeoScape*. 2019. Vol. 32(1). P.16-30.
12. Adams, E.J., Esliger, D.W. Taylor IM, Sherar L.B. *Individual, employment and psychosocial factors influencing walking to work: Implications for intervention design*. *PLoS ONE*. Vol. 12(2). 2017.
13. Morris, J.M., Dumble, P., Wigan, M.R. "Accessibility indicators for transport planning". *Transp. Res.*

Part A Gen. 1979. Vol. 13, No. 2, p. 91-109.

14. Sun, G., Webster, C., Chiaradia, A. "Objective assessment of station approach routes: Development and reliability of an audit for walking environments around metro stations in China". *J. Transp. Health*. 2017. Vol. 4. P. 191-207.

15. Jang, S. "Assessing the spatial equity of Seoul's public transportation using the Gini coefficient based on its accessibility", *International Journal of Urban Sciences*. 2017. Vol. 21, No. 1, P. 91-107.

16. Murray, A.T. "Public transportation access", *Transp. Res. Part D Transp. Environ*. 1998. Vol. 3. No. 5. P. 319-328.

17. Besser, L.M., Dannenberg, A.L. "Walking to public transit: Steps to help meet physical activity recommendations". *Am. J. Prev. Med*. 2005. Vol. 29, No. 4. P. 273-280,

18. Guzman, L.A., Oviedo, D., Rivera, C. "Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region". *J. Transp. Geogr*. 2017. Vol. 58. P. 236-246.

19. Прохоров, В.Т., Мальцев, И.М. *Оптимизационные методы для решения технологических задач: Монография*. Шахты: ЮРГУЭС, 2004. – 441 с.

20. Бакуменко, Л.П. Методика априорного ранжирования факторов качества жизни населения. *Статистика и экономика*. No. 1. 2011. P. 142-149.

21. Бриджмен, П. *Анализ размерностей* (2-е издание). Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика. 2001. 148 р.

22. Иванов, М.Г. *Размерность и подобие*. Долгопрудный. 2013. 68 р.

23. Zhamanbayev, B., Raimbayev, A, Almakhanova, E, Raimbayev, S, Waldemar W. Two-stage substantiation of placement of public transport stops. *Transport problems*. 2021. Vol. 16. No. 1. P. 87-97.

**Б.У.Жаманбаев\*, Г.К.Саменов, У.Ш.Кокаев, Ж.Р.Алипбаев, А.А.Каражанов**

*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана*

### **Қоғамдық көлік аялдамаларын орналастыруды оңтайландыру**

**Андатпа.** Мақалада Қазақстан Республикасында әлеуметтік интеграцияны арттырудың маңызды құралы ретінде қоғамдық көлік қолжетімділігін зерттеу қарастырылады. Қоғамдық көлік аялдамаларына дейін жаяу жүргіншілер қозғалысы мен жолаушылар сапарларына әсер ететін факторларды талдауға ерекше назар аударылады. Аялдамалардың орналасуын оңтайландыруға және көлік инфрақұрылымын жақсартуға бағытталған жаяу жүргіншілер мен қоғамдық көліктің өзара әрекеттестігінің екі сатылы теориялық-эксперименттік моделі ұсынылады.

Факторларды алдын ала ранжирлеу әдісін қолдану олардың ішінен ең маңызды факторларды, мысалы, қашықтық, бару уақыты, жаяу жүргіншінің жылдамдығы және климаттық жағдайларды анықтауға мүмкіндік береді. Ұқсастық және өлшем теорияларын қолдану жүйелердің әртүрлі жағдайларда мінез-құлқын дәлірек болжауға көмектесіп, көлік желілерін тиімдірек жоспарлауға ықпал етеді.

Өлшем теориясын қолдана отырып, қоғамдық көлік аялдамаларының орналасуын негіздеудің жаңа математикалық моделі ұсынылады. Эксперименттің нәтижесі – қоғамдық көлікпен сапарлар үшін аялдамалардың орналасқан орындарын анықтау.

**Түйін сөздер:** қалалық қоғамдық жолаушылар көлігі, жаяу жүргіншілер қолжетімділігі, сау-

алнама, қоғамдық көлік аялдамасы, өлшем теориясы, факторларды алдын ала ранжирлеу.

**B.U.Zhamanbayev, G.K. Samenov, U.Sh.Kokayev, Zh.R.Alipbayev, A.A.Karazhanov**  
*Eurasian National University named after L.N.Gumilyov, Republic of Kazakhstan, Astana*

### **Optimization of public transport stop placement**

**Abstract.** The article examines the study of public transport accessibility as an important tool for enhancing social integration in the Republic of Kazakhstan. Particular attention is paid to analyzing factors influencing pedestrian movement to public transport stops and passenger trips. A two-stage theoretical and experimental model of pedestrian and public transport interaction is presented, aimed at optimizing stop locations and improving transport infrastructure.

The use of the a priori ranking method of factors allows identifying the most significant ones, such as distance, approach time, pedestrian speed, and climatic conditions. The application of similarity and dimensional analysis theory helps more accurately predict system behavior under various conditions, contributing to more effective transport network planning.

Using dimensional analysis theory, a new mathematical model for justifying the locations of public transport stops is proposed. The experiment's outcome is the determination of optimal stop locations for public transport trips.

**Keywords:** urban public passenger transport, pedestrian accessibility, survey, public transport stop, dimensional analysis theory, a priori factor ranking.

### **References**

1. Mozharov, V. *Transport in Kazakhstan: current situation, problems and development prospects*. Almaty: Kazakhstan Institute strategic research under the President of the Republic of Kazakhstan. 2011. – 216 p.
2. *Promoting Clean Urban Public Transportation and Green Investment in Kazakhstan*. Green Finance and Investment. OECD Publishing. Paris. 2017. 155 p.
3. Bureau of National statistics. Agency for Strategic planning and reforms of the Republic of Kazakhstan. <http://stat.gov.kz/>
4. SNiP RK 3.01-01-2008. *Urban planning. Layout and development of urban and rural communities*. [http://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30503178#pos=1;-240](http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30503178#pos=1;-240)
5. Gudkov, V.A. i dr. *Passazhirskie avtomobil'ny'e perevozki*. Moskva: Goryachaya liniya. Telekom. 2006. 448 p.
6. Spirin, I.V. *Organizaciya i upravlenie passazhirskimi avtomobil'ny'mi perevozkami: uchebnik dlya stud. uchrezhdenij sred. prof. obrazovaniya*. Moskva: Izdatel'stvo centr «Akademiya». 2010. 400 p.
7. Gorev, A.E., Oleshhenko, E.M. *Organizaciya avtomobil'ny'x perevozok i bezopasnost' dvizheniya*. Moskva: Izdatel'skij centr «Akademiya». 2006. 256 p.
8. Dewan, K.K., Ahmad, I. Carpooling: A Step To Reduce Congestion. *Engineering Letters*. Vol. 14. 2007.
9. Gurmu, Z. K. *A Dynamic Prediction of Travel Time for Transit Vehicles in Brazil Using GPS Data*. Master thesis. University of Twente. The Netherlands. 2010. 67 p.
10. Lee, W. C., Si, W., Chen, L. J., Chen, M. C. HTTP: A New Framework for Bus Travel Time Prediction

Based on Historical Trajectories. In: *Proceedings of the 20th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. SIGSPATIAL, 2012. P. 279-288

11. Ivan, I., Horak, J., Zajickova, L., Burian, J., Fojtík, D. Factors Influencing Walking Distance to the Preferred Public Transport Stop in selected urban centres of Czechia. *GeoScape*. 2019. Vol. 32(1). P.16-30.

12. Adams, E.J., Esliger, D.W. Taylor IM, Sherar L.B. Individual, employment and psychosocial factors influencing walking to work: Implications for intervention design. *PLoS ONE*. Vol. 12(2). 2017.

13. Morris, J.M., Dumble, P., Wigan, M.R. "Accessibility indicators for transport planning". *Transp. Res. Part A Gen.* 1979. Vol. 13, No. 2, p. 91-109.

14. Sun, G., Webster, C., Chiaradia, A. "Objective assessment of station approach routes: Development and reliability of an audit for walking environments around metro stations in China". *J. Transp. Health*. 2017. Vol. 4. P. 191-207.

15. Jang, S. "Assessing the spatial equity of Seoul's public transportation using the Gini coefficient based on its accessibility", *International Journal of Urban Sciences*. 2017. Vol. 21, No. 1, P. 91-107.

16. Murray, A.T. "Public transportation access", *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 1998. Vol. 3. No. 5. P. 319-328.

17. Besser, L.M., Dannenberg, A.L. "Walking to public transit: Steps to help meet physical activity recommendations". *Am. J. Prev. Med.* 2005. Vol. 29, No. 4. P. 273-280,

18. Guzman, L.A., Oviedo, D., Rivera, C. "Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region". *J. Transp. Geogr.* 2017. Vol. 58. P. 236-246.

19. Proxorov, V.T., Mal'cev, I.M. Optimizacionny`e metody` dlya resheniya texnologicheskix zadach: Monografiya. Shaxty` YuRGUE`S. 2004. – 441 c.

20. Bakumenko, L.P. *Metodika apriornogo ranzhirovaniya faktorov kachestva zhizni naseleniya*. Statistika i e`konomika. No. 1. 2011. P. 142-149.

21. Bridzhmen, P. Analiz razmernostej (2-e izdanie). Izhevsk: *Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika*. 2001. 148 p.

22. Ivanov, M.G. *Razmernost` i podobie*. Dolgoprudny`j. 2013. 68 p.

23. Zhamanbayev, B., Raimbayev, A., Almakhanova, E., Raimbayev, S., Waldemar W. Two-stage substantiation of placement of public transport stops. *Transport problems*. 2021. Vol. 16. No. 1. P. 87-97.

#### Сведения об авторе (авторах):

**Жаманбаев Б.У.** – PhD, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.Сатпаева, 2, Астана, Казахстан, + 7 7 776 673 12 78, zhaman78@gmail.com.

**Саменов Г.К.** – кандидат технических наук, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул.Сатпаева, 2, Астана, Казахстан, + 7 777 399 81 71, sgk\_08@mail.ru.

**Кокаев У.Ш.** – кандидат технических наук, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.Сатпаева, 2, 10000, Астана, Казахстан, +7 707 550 6178, kush\_kush78@mail.ru.

**Алимбаев Ж.Р.** – кандидат технических наук, доцент, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул.Сатпаева, 2, 10000, Астана, Казахстан, +7 771 235 14 16, alipbaev.1977@mail.ru.

**Каражанов А.А.** – кандидат технических наук, доцент, Евразийский национальный

университет имени Л.Н.Гумилева, ул.Сәтпаева, 2, 10000, Астана, Қазақстан, + 7 705 797 66 82, akarazhanov@mail.ru.

**Жаманбаев Б.У.** – PhD, аға оқытушы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, 10000, Қазақстан, + 7 7 776 673 12 78, zhaman78@gmail.com.

**Кокаев У.Ш.** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көшесі, 2, 10000, Астана, Қазақстан, +7 707 550 6178, kush\_kush78@mail.ru.

**Алипбаев Ж.Р.** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көшесі, 2, 10000, Астана, Қазақстан, +7 771 235 14 16, alipbaev.1977@mail.ru.

**Қаражанов Ә.А.** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көшесі, 2, 10000, Астана, Қазақстан, + 7 705 797 66 82, akarazhanov@mail.ru.

**Сәменов Е.Қ.** – хат-хабар авторы, техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан, + 7 777 399 81 71, sgk\_08@mail.ru.

**Zhamanbayev B.U.** – PhD, Senior Lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan, + 7 7 776 673 12 78, zhaman78@gmail.com.

**Samenov G.K.** – candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan, + 7 777 399 81 71, sgk\_08@mail.ru.

**Kokayev U.Sh.** – Candidate of Technical Sciences, associate professor, Eurasian National University named after L.N. Gomilev, Satpayev str. 2, 10000, Astana, Kazakhstan, +7 707 550 6178, kush\_kush78@mail.ru.

**Alipbayev Zh.R.** – Candidate of Technical Sciences, associate professor, Eurasian National University named after L.N. Gomilev, Satpayev str. 2, 10000, Astana, Kazakhstan, +7 771 235 14 16, alipbaev.1977@mail.ru.

**Karazhanov A.A.** – Candidate of Technical Sciences, associate professor, Eurasian National University named after L.N. Gomilev, Satpayev str. 2, 10000, Astana, Kazakhstan, + 7 705 797 66 82, akarazhanov@mail.ru.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).