

## Исследование вероятности выбора способов передвижения жителями города

*С.А. Ярко*

*Тюменский индустриальный университет*

**Аннотация:** Развитие современных городов неразрывно связано с развитием городской транспортной системы. Для принятия правильных управленческих решений в сфере городского транспорта, необходимы исследование вероятности выбора способа передвижения. В статье рассматривается показатель вероятности выбора способа и средства передвижения. В анализе принимается во внимание удаленность места работы (учебы) от места проживания жителя города. Исходными данными являются результаты опроса 1562 респондентов в г. Тюмени и их корреспонденции. Предполагается, что обеспеченность территорий социально-экономической инфраструктурой влияет на структуру подвижности населения города. Чем больше объектов притяжения в городском районе, тем меньше вероятность использования личных легковых автомобилей. Методику исследования предлагается использовать для принятия управленческих решений в сфере городской логистики и транспортного планирования.

**Ключевые слова:** система городского транспорта, выбор способа передвижения, анкетирование, общественный транспорт.

Алгоритмы решения задач управления и интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений в системах городского транспорта - актуальная научно-практическая задача [1, 2]. Рост использования личных легковых автомобилей в городах приводит к транспортным задержкам, поэтому становится актуальным вопрос управления спросом на перемещение жителей в городах [3, 4]. Вместе с этим важно развитие умных систем организации движения [5, 6]. Снижение времени на передвижения добавляет населению города время для труда, саморазвития, досуга и отдыха [7, 8]. Для принятия специалистами правильных управленческих решений в сфере спроса на передвижение и развития цифровых моделей городов, необходимы исследования с визуально понятными графическими данными [9, 10].

Объектом исследования является вероятность выбора населением способа и средства передвижения в городе. Предметом исследования является этот процесс применительно к г. Тюмени (типичный город РФ).

Целью исследования является получение экспериментальных данных по вероятности выбора способа и средства передвижения с учетом удаленности от места проживания до социально-экономических объектов города (места приложения труда, место учебы) на примере г. Тюмени.

Основные гипотезы исследования (подтвердились в ходе исследования):

- вероятность выбора того или иного способа и средства передвижения зависит от расстояния корреспонденции до социально-экономических объектов города;

- обеспеченность территорий социально-экономической инфраструктурой влияет на структуру подвижности населения города;

- чем больше объектов социально-экономической инфраструктуры в пределах пешеходной доступности населения города, тем меньше интенсивность использования ЛА и ОТ.

Способ сбора первичной информации: анкетирование, наблюдение. Инструменты сбора данных респондентов и расстояний: Google forms, Яндекс.Карты. Количество респондентов: 1562 человек, что составляет около 0,2 % от общего количества жителей г. Тюмени (на 2022 год). Период анкетирования с апреля по октябрь; территория исследования – г. Тюмень, возраст респондентов от 16 лет, учитывалась структура возрастного состава населения. Уровень доверительности 95 % и ошибка выборки 5 %.

По видам передвижения по городу рассматриваются следующие: на общественном транспорте (ОТ); на личном легковом автомобиле (ЛА); на такси; на велосипеде; на средстве индивидуальной мобильности, пешком и другое.

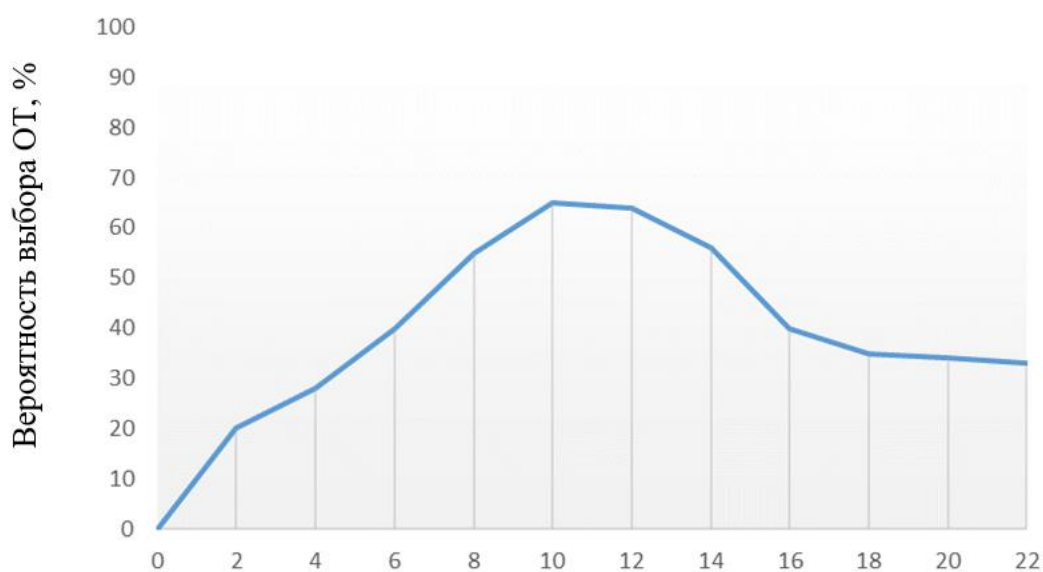
Передвижение к месту приложения труда на велосипеде (61 респондент) и электросамокате (23 респондента) в г. Тюмени в настоящее время используется эпизодически. По причине малого количества данных по

---

средствам индивидуальной мобильности и велосипедам, далее в настоящем исследовании было принято ограничение – рассматривалось пешеходное передвижение, передвижение на ОТ и передвижение на личном ЛА.

В анкете респонденты указывали ориентир места жительства и ориентир места приложения труда. Ориентиром послужил ближайший перекресток улиц или автобусная остановка. С помощью сервиса «Яндекс.Карты» получены данные по расстоянию между местом жительства и местом приложения труда вдоль элементов улично-дорожной сети города. Релевантные данные были распределены с учетом правила Стерджеса, получено 11 групп с интервалом 2 км.

Результат для ОТ в качестве средства для передвижения представлен на рис. 1.



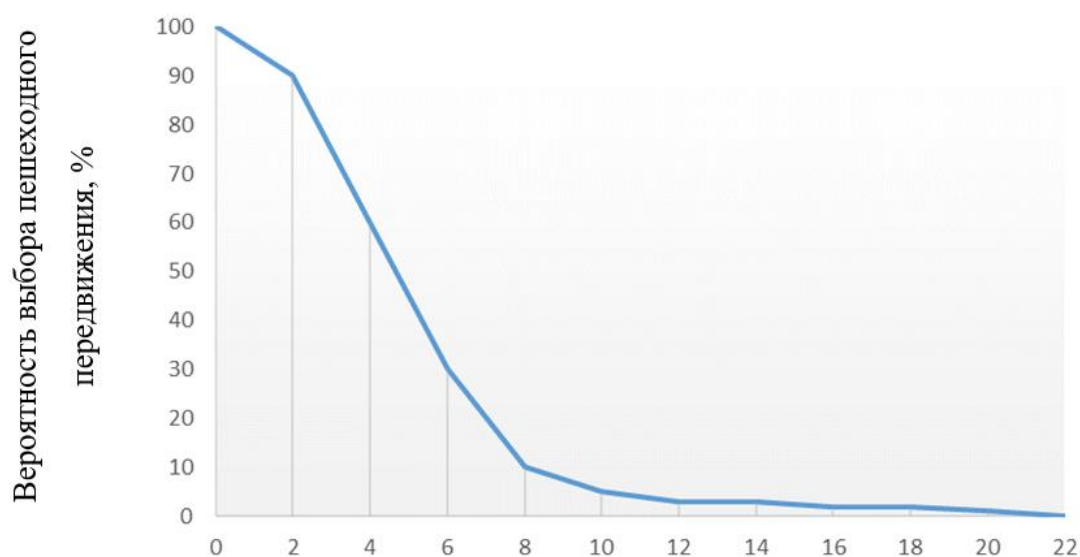
Расстояние до места приложения труда (в прямом и обратном направлении), км

Рис. 1. – Распределение вероятности выбора общественного транспорта в качестве средства для передвижения к месту приложения труда (учебы) с учетом удаленности

Наибольшая вероятность выбора общественного транспорта находится в диапазоне расстояний от 8 до 14 км. Предположительно это связано с

временем в пути: при возникновении транспортной усталости (для г. Тюмени более 60 мин. в прямом и обратном направлении), респонденты предпочитают пользоваться другими видами транспорта (наиболее вероятно легковым автомобилем).

Результат для пешеходного движения в качестве способа для передвижения представлен на рис. 2.

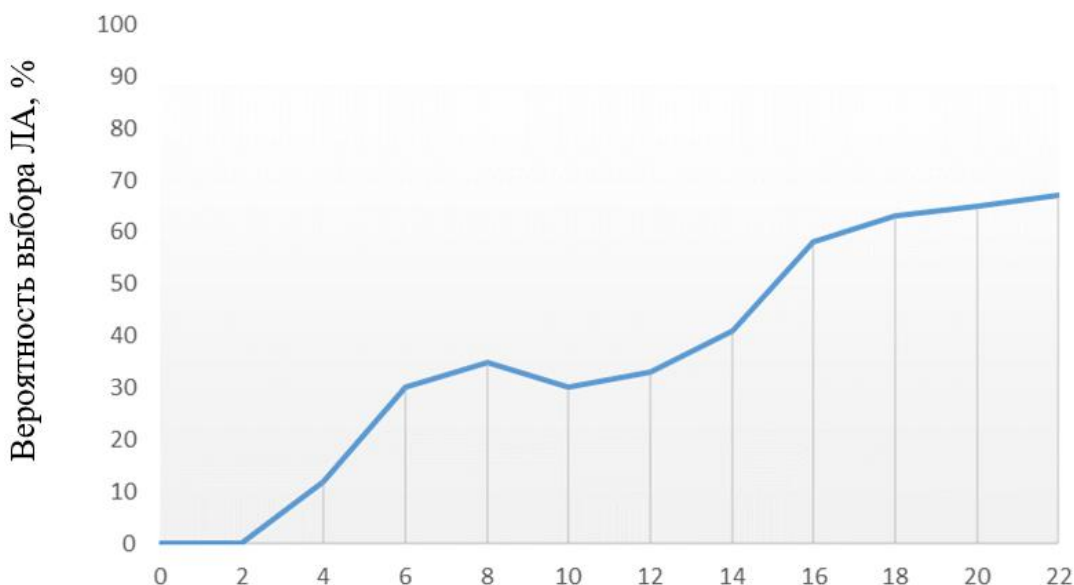


Расстояние до места приложения труда (в прямом и обратном направлении), км

Рис. 2. – Распределение вероятности выбора пешеходного передвижения в качестве способа для передвижения к месту приложения труда (учебы) с учетом удаленности

Анализ показал, что подавляющее большинство респондентов расстояние до 5 км в сутки (до 2,5 км в прямом направлении и до 2,5 км обратно) предпочитают преодолевать пешком, а 183 респондента (11,7%) указывают что ходят пешком, несмотря на удаленность места приложения труда (учебы).

Результат по использованию ЛА в качестве средства для передвижения представлен на рис. 3.



Расстояние до места приложения труда (в прямом и обратном направлении), км

Рис. 3. – Распределение вероятности выбора легкового автомобиля в качестве средства для передвижения к месту приложения труда (учебы) с учетом удаленности

С увеличением удалённости мест приложения труда (учебы) вероятность использования ЛА жителями города увеличивается.

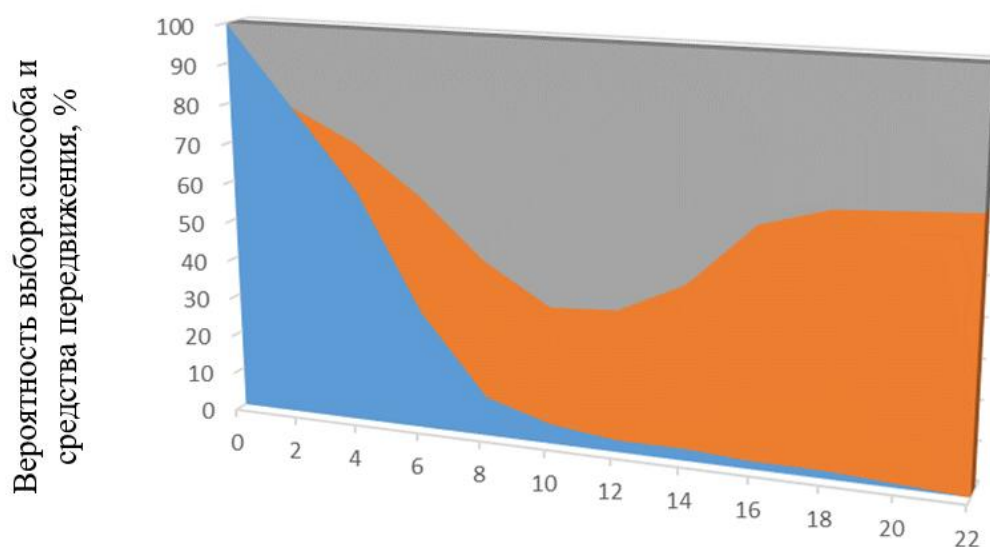
Вид кривых на рис. 1 - 3 может изменяться с течением времени и требует регулярного уточнения, а для других городов может отличаться.

Математически сумма вероятностей по всем способам и средствам передвижения будет равна единице или 100%, представлено в формуле (1) ниже.

$$\sum P_x = P_{\text{ПЕШ}} + P_{\text{ЛА}} + P_{\text{ОТ}} = 100\% \quad (1)$$

где  $P_{\text{ПЕШ}}$  - вероятность выбора передвижения пешком, %;  $P_{\text{ЛА}}$  - вероятность выбора передвижения на ЛА, %;  $P_{\text{ОТ}}$  - вероятность выбора передвижения на ОТ, %.

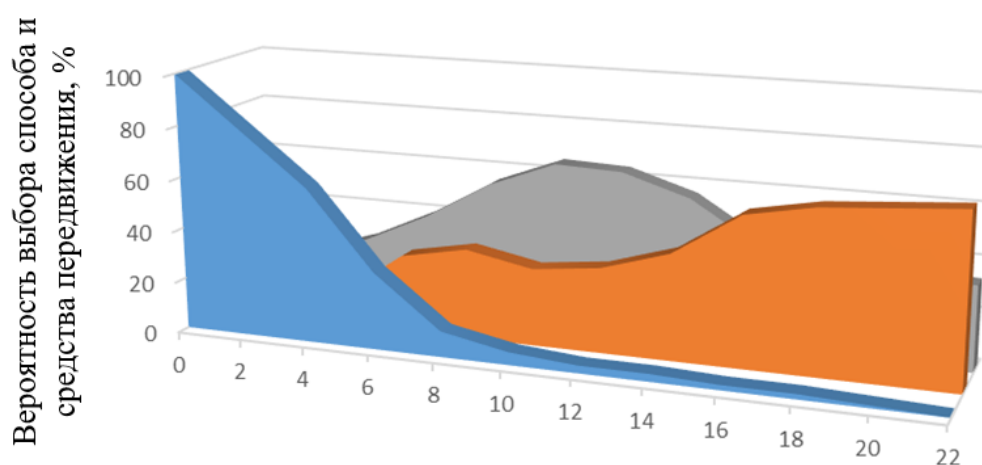
Графически выражение (1) представлено на рис. 4.



Расстояние до места приложения труда (в прямом и обратном направлении), км

Рис. 4. – Вероятность выбора способа и средства передвижения (синий – пешком, оранжевый – на ЛА, серый – на ОТ)

Выражение (1) в другом виде представлено на рис. 5.



Расстояние до места приложения труда (в прямом и обратном направлении), км

Рис. 5. – Вероятность выбора способа и средства передвижения (синий – пешком, оранжевый – на ЛА, серый – на ОТ)

По верхней линии графиков на рис. 5: до 5 км превалирует пешеходное передвижение, с 5 до 16 км передвижение на ОТ, а более 16 км передвижение на личном ЛА.

В качестве выводов следует отметить:

- при планировании расположения социально-экономических объектов от жилых зон в городах необходимо учитывать вероятность выбора способа передвижения преимущественно в сторону пешеходного движения и передвижения на общественном транспорте;

- в условиях роста автомобилизации, развития новых видов транспорта (например, средств индивидуальной мобильности) подобные исследования необходимо проводить минимум ежегодно, так как предпочтения жителей города изменяются и городским службам необходимо вовремя это заметить;

- регулярные исследования вероятности выбора способа и средства передвижения будут способствовать принятию своевременных решений в области городской логистики, транспортного планирования;

Методика данного исследования может быть использована:

- службами городского общественного транспорта при составлении схем городских автобусных маршрутов и для принятия управленческих решений по управлению спросом на передвижения населения в городе;

- научными и проектными организациями при разработке комплексных схем организации транспортного обслуживания населения общественным транспортом, программ комплексного развития транспортной инфраструктуры, а также для создания цифровых двойников городов.

### Литература

1. Захаров, Д.А., Фадюшин А.А. Изменение подвижности населения при развитии в городах инфраструктуры для общественного транспорта, велосипедистов и пешеходов // Вестник гражданских инженеров, 2020, №5(82). – С. 187-193.

2. Ярков С.А., Чикишев Е.М. Алгоритмы выбора городским населением способа и средств для передвижения // Инженерный вестник Дона, 2022, №7. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7806](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7806).

3. Петров А.И., Захаров Д.А. Транспортные системы городов мира: история развития, типология, характерные особенности. Тюмень: ТИУ, 2022. 161 с.
  4. Morozov V., Iarkov S., 2021. Formation of the traffic flow rate under the influence of traffic flow concentration in time at controlled intersections in Tyumen, Russian federation. Sustainability. V. 13, 15. URL: [mdpi.com/2071-1050/13/15/8324](https://doi.org/10.3390/s13158324).
  5. Morozov V., Shepelev V., Kostyrchenko V. Modeling the Operation of Signal-Controlled Intersections with Different Lane Occupancy. Mathematics 2022, 10(24), 4829. URL: [doi.org/10.3390/math10244829](https://doi.org/10.3390/math10244829).
  6. Захаров, Д.А., Писцов А.В. Анализ эффективности способов приоритета автобусам при проезде перекрестков с применением адаптивного управления светофорами // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2022, № 4. – С. 128-139.
  7. Spinney J.E.L., Scott D.M., Newbold K.B., 2009. Transport mobility benefits and quality of life: A time-use perspective of elderly Canadians. Transport Policy V.16.1. URL: [doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.01.002](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.01.002).
  8. Sarhan M., 2015. Transportation mobility management. Journal of Local and Global Health Science 55. URL: [qscience.com/content/journals/10.5339/jlghs.2015.itma.55](https://doi.org/10.5339/jlghs.2015.itma.55).
  9. Шевцова В.В., Нагорная М.С., Воробьева О.И. Разработка визуальной системы навигации остановочных комплексов города Челябинска // Управление в современных системах, 2020, № 3(27). – С. 51-61.
  10. Курячий И.М. Как построить стратегию развития города на основе индекса инфраструктурной обеспеченности // Проект Россия «Город», 2020, №1 URL: [prorus.ru/interviews/kak-postroit-strategiyu-razvitiya-goroda-na-osnove-indeksa-infrastrukturnoj-obespechennosti/](https://prorus.ru/interviews/kak-postroit-strategiyu-razvitiya-goroda-na-osnove-indeksa-infrastrukturnoj-obespechennosti/).
-



## References

1. Zakharov, D.A., Fadyushin A.A. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov, 2020, № 5(82). pp. 187-193.
  2. Iarkov S.A., Chikishev E.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №7. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7806](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7806).
  3. Petrov A.I., Zakharov D.A. Transportnyye sistemy gorodov mira: istoriya razvitiya, tipologiya, kharakternye osobennosti [Transport systems of the cities of the world: history of development, typology, characteristic features]. Tyumen': TIU, 2022. 161 p.
  4. Morozov V., Iarkov S., 2021. Formation of the traffic flow rate under the influence of traffic flow concentration in time at controlled intersections in Tyumen, Russian federation. Sustainability. V. 13, 15. URL: [mdpi.com/2071-1050/13/15/8324](https://mdpi.com/2071-1050/13/15/8324).
  5. Morozov V., Shepelev V., Kostyrchenko V. Modeling the Operation of Signal-Controlled Intersections with Different Lane Occupancy. Mathematics 2022, 10(24), 4829. URL: [doi.org/10.3390/math10244829](https://doi.org/10.3390/math10244829).
  6. Zaharov, D.A., Piscov A.V. Intellekt. Innovacii. Investicii, 2022, № 4. pp. 128-139.
  7. Spinney J.E.L., Scott D.M., Newbold K.B., 2009. Transport mobility benefits and quality of life: A time-use perspective of elderly Canadians. Transport Policy V.16.1. URL: [doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.01.002](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.01.002).
  8. Sarhan M., 2015. Journal of Local and Global Health Science 55. URL: [qscience.com/content/journals/10.5339/jlghs.2015.itma.55](https://qscience.com/content/journals/10.5339/jlghs.2015.itma.55).
  9. Shevcova V.V., Nagornaya M.S., Vorob'eva O.I. Upravlenie v sovremennyh sistemah, 2020, № 3(27). pp. 51-61.
  10. Kuryachiy I.M. Proyekt Rossiya «Gorod», 2020, №1 URL: [prorus.ru/interviews/kak-postroit-strategiyu-razvitiya-goroda-na-osnove-indeksa-infrastrukturnoj-obespechennosti/](http://prorus.ru/interviews/kak-postroit-strategiyu-razvitiya-goroda-na-osnove-indeksa-infrastrukturnoj-obespechennosti/).
-