

DOI 10.26731/1813-9108.2020.1(65).150-155

УДК 656.025.2, 656.078

Моделирование структурного уравнения для оценки качества обслуживания пассажиров общественного транспорта

Ю. О. Полтавская ✉

Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Российская Федерация

✉ juliapoltavskaya@mail.ru

Резюме

С целью развития городского общественного транспорта необходимо обеспечить высокую надежность его функционирования, а также усилить привлекательность по сравнению с индивидуальным транспортом. В связи с этим исследования, направленные на повышение качества транспортного обслуживания являются актуальными в настоящее время. В статье предлагается инструмент для оценки качества обслуживания пассажиров общественного транспорта. Рассматриваемая модель структурного уравнения позволяет изучить влияние взаимосвязи между удовлетворенностью пассажиров и показателями качества обслуживания. Система структурных уравнений состоит из двух компонентов: модель скрытой переменной и модель измерения. Таким образом, данный подход позволяет моделировать исследуемый процесс транспортного обслуживания, учитывая как «скрытые», так и анализируемые переменные. В ходе исследования оценено влияние показателей качества, определены четыре переменные: надежность обслуживания, комфортабельность, конфигурация маршрутной сети, безопасность и чистота. Для выявления влияния показателей на удовлетворенность пассажиров качеством транспортного обслуживания были выдвинуты гипотезы. Однако результаты тестирования модели показали, что комфортабельность не является значимой в случае оказания влияния на качество с точки зрения пассажира. С учетом калибровки полученных значений приведена окончательная структура модели. Предложенная методология может быть применена как транспортными предприятиями города, так и проектными организациями для анализа показателей качества обслуживания и проведения мероприятий, направленных на повышение качества предоставляемых услуг.

Ключевые слова

качество транспортного обслуживания, общественный транспорт, модель структурного уравнения, надежность обслуживания, удовлетворенность пассажиров

Для цитирования

Полтавская Ю. О. Моделирование структурного уравнения для оценки качества обслуживания пассажиров общественного транспорта // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – Т. 65 № 1. – С. 150–155. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.1(65).150-155

Информация о статье

поступила в редакцию: 16.01.2020, поступила после рецензирования: 30.01.2020, принята к публикации: 14.02.2020

Modeling structural equation for assessing passenger service quality of public transport

Yu. O. Poltavskaya ✉

Angarsk State Technical University, Angarsk, the Russian Federation

✉ juliapoltavskaya@mail.ru

Abstract

In order to develop urban public transport, it is necessary to ensure high reliability of its functioning, as well as to strengthen its attractiveness in comparison with individual transport. In this regard, studies aimed at improving the quality of transport services are relevant at present. The article proposes a tool for assessing the quality of public transport passengers. The considered model of the structural equation allows us to study the influence of the relationship between passenger satisfaction and service quality indicators. The system of structural equations consists of two components: a hidden variable model and a measurement model. Thus, this approach allows us to simulate the investigated process of transport services, taking into account both “hidden” and analyzed variables. During the study, the impact of quality indicators was evaluated, and four variables were determined: service reliability, comfort, route network configuration, safety and cleanliness. To identify the effect of indicators on passenger satisfaction with the quality of transport services, hypotheses were put forward. However, the test results of the model showed that comfort is not significant in the case of influencing the quality from the point of view of the passenger. Taking into account the calibration of the obtained values, the final structure of the model is provided. The proposed methodology can be applied both by the transport enterprises of the city, and by design organizations to analyze the indicators of quality of service and conduct activities aimed at improving the quality of services provided.

Keywords

quality of transport services, public transport, structural equation model, reliability of service, passenger satisfaction

For citation

Poltavskaya Yu. O. Modelirovaniye strukturnogo uravneniya dlya otsenki kachestva obsluzhivaniya passazhirov obshchestvennogo transporta [Modeling structural equation for assessing passenger service quality of public transport]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2020, Vol. 65, No. 1, pp. 150–155. 10.26731/1813-9108.2020.1(65).150-155

Article info

Received: 16.01.2020, Revised: 30.01.2020, Accepted: 14.02.2020

Введение

Повышение качества обслуживания пассажиров общественного транспорта является актуальной стратегией функционирования предприятий данной области, в результате чего обеспечивается конкурентоспособность по сравнению с индивидуальным транспортом и привлекается большее количество пользователей. Помимо этого, решаются такие проблемы, как снижение загрузки улично-дорожной сети (УДС), загрязнение воздуха, шумовое воздействие и потребление энергии. В связи с этим необходима разработка методов анализа транспортного обслуживания пассажиров, которые позволят определить критические значения показателей предоставляемых услуг и повысить их качество.

В данной статье анализируется взаимосвязь между оценкой качества обслуживания и их факторами, основанными на потребностях и ожиданиях пассажиров общественного транспорта.

Как правило, пассажиры удовлетворены качеством транспортного обслуживания, когда их представления об услугах, которые они получают, соответствуют ожиданиям, поэтому для развития общественного транспорта необходим анализ удовлетворенности пассажиров.

Цели исследования:

1. Определить и проанализировать факторы, влияющие на удовлетворенность пассажиров общественного транспорта.
2. Выявить проблемы, с которыми сталкиваются пассажиры в функционирующей транспортной системе.
3. Дать рекомендации для транспортных предприятий по повышению качества обслуживания пассажиров.

Также стоит отметить, что цели исследований в области качества транспортного обслуживания не должны ограничиваться теоретическим анализом, в них необходимо включать разработку практических инструментов, улучшающих мобильность населения и доступность мест культурно-бытового назначения [1, 2]. Общественный транспорт предоставляет услуги населению с целью перемещения из пункта отправления в пункт назначения. Виды общественного транспорта могут включать автобусы, метро, трамваи, паромы в зависимости от потребности соответствующего региона. Для текущего исследования автобусные

перевозки считались более актуальными, поскольку большая часть населения перевозится общественным и частным пассажирским транспортом [3].

Описание модели структурного уравнения

Для оценки качества обслуживания пассажиров общественным транспортом предлагается использовать модель структурного уравнения (Structural Equation Models, SEM), которая является многовариантным методом, сочетающим регрессию, факторный и дисперсионный анализы для одновременной оценки взаимосвязи исследуемых параметров.

Применение модели было рассмотрено в нескольких областях исследований (социальные и естественные науки, экономика, статистика) и обобщено в работах некоторых авторов [4, 5]. Рассматривалась также апробация модели структурного уравнения на общественном транспорте [6–8].

Данный подход позволяет моделировать исследуемый процесс или явление, исследуя как ненаблюдаемые «скрытые», так и анализируемые переменные, которые оказывают непосредственное влияние.

Модели структурных уравнений состоят из двух компонентов: первый описывает взаимосвязь между эндогенными и экзогенными скрытыми переменными, которые могут оказывать влияние на качество транспортного обслуживания (модель скрытой переменной); второй компонент описывает взаимосвязь между скрытыми и анализируемыми переменными (модель измерения).

Основное уравнение модели скрытой переменной имеет вид

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta, \quad (1)$$

где η – вектор эндогенных скрытых переменных ($m \cdot 1$); ξ – вектор экзогенных скрытых переменных ($n \cdot 1$); ζ – вектор случайных величин ($m \cdot 1$); B – матрица коэффициентов ($m \cdot m$) для скрытых эндогенных переменных; Γ – матрица коэффициентов ($m \cdot n$) для скрытых экзогенных переменных.

Основные уравнения модели измерения, следующие:

– для экзогенных переменных

$$x = \Lambda_x \xi + \delta, \quad (2)$$

где x и δ – q -векторы столбца, относящиеся соответственно к наблюдаемым экзогенным переменным и ошибкам; Λ_x – структурный коэффициент матрицы (q

· n), учитывающий влияние скрытых экзогенных переменных на наблюдаемые;

– для эндогенных переменных

$$y = A_y \eta + \varepsilon, \quad (3)$$

где y и ε – p -векторы столбца, относящиеся соответственно к наблюдаемым эндогенным переменным и ошибкам; A_y – структурный коэффициент матрицы ($p \cdot m$), учитывающий влияние скрытых эндогенных переменных на наблюдаемые.

В рассматриваемом случае система структурных уравнений оценивается с использованием метода максимального правдоподобия; в других случаях параметры модели могут оцениваться с использованием таких методов оценки, как взвешенные и обобщенные наименьшие квадраты [8].

Выборочное обследование

Опрос был проведен среди жителей города Ангарска, пользующихся услугами общественного транспорта. Всего опрошено 102 респондента, в ходе анкетирования были отражены основные социально-экономические характеристики: возраст, пол, общее количество членов семьи и сколько из них имеют водительское удостоверение, обеспеченность индивидуальным транспортом, доход [9–11].

Значение коэффициента альфа Кронбаха равно 0,802 подтверждает достоверность полученных данных и показывает высокую надежность ответов, данных респондентами исследования.

Для оценки удовлетворенности транспортным обслуживанием были заданы вопросы о 12 показателях качества (табл. 1).

По шкале от 1 до 10 пользователи выражали степень важности и удовлетворенности по каждому показателю. Кроме того, необходимо было отметить оценку всего процесса обслуживания с точки зрения как ожидаемого, так и предполагаемого качества [12].

Таблица 1. Показатели качества транспортного обслуживания
Table 1. Quality indicators of transport services

Показатель	Описание
1. Доступность остановочных пунктов	Расположение остановочных пунктов в пешей доступности от мест назначения
2. Характеристики маршрутной сети	Количество остановочных пунктов, расстояния между ними
3. Частота	Интервал движения
4. Надежность	Соблюдение расписания следования подвижного состава
5. Оборудование остановочного пункта	Оборудование защитными средствами от осадков, указателями
6. Наполнение	Наполнение подвижного состава

7. Чистота	Чистота транспортного средства, сидений, стекол
8. Стоимость	Доступная стоимость проезда
9. Информационное обеспечение	Доступность расписания движения автобусов/схемы маршрутов
10. Реклама	Доступность информации обслуживания в Интернете, по телефону
11. Безопасность	Надежность транспортного средства и компетентность водителя
12. Защита окружающей среды	Вид используемого топлива

Был проведен статистический описательный анализ выборки. Выборка распределена среди 39 % мужчин и 61 % женщин. В числе опрошенных 41 % в возрасте 20–35 лет, 39 % – 36–45 лет, остальные 20 % старше 45 лет. Имеют водительское удостоверение 54 %, но 74 % – не имеют индивидуального транспорта. Около 50 % со средним доходом 20–35 тыс. руб.

Результаты исследования

В предложенной модели структурного уравнения наблюдаемыми переменными являются 12 показателей качества обслуживания, оцененных по выборке пользователей, и 2 глобальных показателя качества обслуживания (воспринимаемое и ожидаемое значение). Скрытые переменные – это ненаблюдаемые показатели, которые можно объяснить наблюдаемыми переменными, они были определены с помощью факторного анализа.

Модель скрытой переменной связывает 4 экзогенные скрытые переменные с эндогенной скрытой переменной, называемой удовлетворением качеством обслуживания. Модель измерения связывает каждую скрытую переменную с переменной, которая измеряет удовлетворенность пассажиров. В частности, предположили, что экзогенные скрытые переменные измеряются по 12 показателям качества обслуживания, а скрытая переменная «удовлетворенность» – восприятием и ожиданием. Для выявления влияния показателей на удовлетворенность пассажиров качеством транспортного обслуживания было выдвинуто четыре гипотезы:

H1. Существует значительное влияние надежности обслуживания на удовлетворенность пассажиров.

H2. Существует значительное влияние комфортабельности на удовлетворенность пассажиров.

H3. Безопасность и чистота оказывают существенное влияние на удовлетворенность пассажиров.

H4. Конфигурация маршрутной сети значительно влияет на удовлетворенность пассажиров.

Ниже приведены результаты дисперсионного анализа, которые показывают общее соответствие модели

Заключение

В статье предложена модель структурного уравнения, показывающая взаимосвязь между удовлетворенностью пассажиров транспортными услугами и показателями качества обслуживания. Хотя методология хорошо известна и широко применяется в некоторых областях исследований, в настоящее время отсутствует ее практическое использование на общественном транспорте, особенно для оценки степени

удовлетворенности пассажиров. В проведенном исследовании отражено применение методологии на основе потребностей и ожиданий, выраженных пользователями общественного транспорта. Рассматриваемая модель определяет показатели качества обслуживания, которые необходимо улучшить с целью предложения транспортных услуг, характеризующихся более высоким уровнем качества.

Список литературы

1. Лебедева О.А. Показатели оценки эффективности работы общественного транспорта // *Современные технологии и научно-технический прогресс*. 2018. Т. 1. С. 108–109.
2. Полтавская Ю.О. Качественные характеристики функционирования городского общественного пассажирского транспорта (ГОПТ) // *Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета*. 2015. Т. 1. № 1. С. 260–266.
3. Sharov M., Mikhailov A. Urban transport system reliability indicators // *Transportation Research Procedia* 2017. С. 591–595.
4. Wiley D.E. The identification problem for structural equation models with unmeasured variables. In *Structural Equation Models in the Social Science* // A.S. Goldberger, O.D. Duncan, eds. New York: Seminar Press, 1973, pp. 69–83.
5. MacCallum R.C., Austin J.T. Applications of structural equation modeling in psychological research // *Annual Review of Psychology* 51, 2000, pp. 201–226.
6. Fillone A.M., Montalbo C.M., Tiglaio N.C. Assessing urban travel: A structural equations modeling (SEM) approach // *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 5, 2005, pp.1050–1064.
7. Eboli L., Mazzulla G. Service Quality Attributes Affecting Customer Satisfaction for Bus Transit // *Journal of Public Transportation*, Vol. 10, No. 3, 2007 pp. 21–34.
8. Morfoulaki M., Tyrinopoulos Y., Aifadopoulou G. Estimation of Satisfied Customers in Public Transport Systems: A New Methodological Approach // *Journal of the Transportation Research Forum*, Vol. 46, No. 1, 2007, pp. 63–72.
9. Михайлов А.Ю., Шаров М.И. К вопросу развития современной системы критериев оценки качества функционирования общественного пассажирского транспорта // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. Серия: Наземные транспортные системы. 2014. Т. 9. № 19 (146). С. 64–66.
10. Полтавская Ю.О. Оценка основных характеристик пассажиропотока на маршруте № 3 г. Ангарска / Полтавская Ю.О., Михайлов А.Ю., Лебедева О.А. // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2016. № 5 (112). С. 187–192.
11. Лебедева О.А. Транспортная инфраструктура как основополагающий фактор эффективного функционирования экономики страны / Лебедева О.А., Полтавская Ю.О., Гаммаева З.Н., Кондратенко Т.В. // *Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета*. 2018. Т. 1. № 15. С. 125–130.
12. Полтавская Ю.О. Методика оценки качества обслуживания пассажиров в сфере общественного транспорта // *Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета*. 2019. Т. 1. № 16. С. 184–187.
13. Крипак М.Н., Гозбенко В.Е., Колесник А.И. Оптимизация структуры транспорта как мера повышения эффективности функционирования системы городского пассажирского транспорта // *Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета*. 2013. Т. 1. № 1. С. 229–232.
14. Гозбенко В.Е. Методы прогнозирования и оптимизации транспортной сети с учетом мощности пассажира и грузопотоков / Гозбенко В.Е., Иванков А.Н., Колесник М.Н., Пашкова А.С. // *Депонированная рукопись № 330-V2008 17.04.2008*.
15. Гозбенко В.Е., Крипак М.Н., Иванков А.Н. Совершенствование транспортно-экспедиционного обслуживания грузопользователей. Иркутск, 2011.
16. Lebedeva O.A., Kripak M.N., Gozbenko V.E. Increasing effectiveness of the transportation network through by using the automation of a Voronoi diagram. *Transportation Research Procedia*, 36, 427–433.
17. Лебедева О.А. Основные принципы развития транспортных систем городов / О.А. Лебедева, Д.В. Антонов // *Вестник Ангарской государственной технической академии*. – Ангарск: Изд-во АГТА, 2014. С. 149–155.
18. Полтавская Ю.О., Михайлов А.Ю. Сегмент городской улицы при оценке качества функционирования городского общественного пассажирского транспорта // *Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки*. Материалы 8 молодежной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Научно-издательский центр «Открытие», 2015. С. 40–44.

References

1. Lebedeva O.A. Pokazateli otsenki effektivnosti raboty obshchestvennogo transporta [Performance indicators for public transport performance]. *Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskii progress [Modern technologies and scientific and technological progress]*, 2018, Vol. 1, pp. 108–109.

2. Poltavskaya Yu.O. Kachestvennye kharakteristiki funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo passazhirskogo transporta (GOPT) [Qualitative characteristics of the functioning of urban public passenger transport (UPPT)]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Angarsk State Technical University], 2015, Vol. 1, No. 1, pp. 260–266.
3. Sharov M., Mikhailov A. Urban transport system reliability indicators. *Transportation Research Procedia* 2017, pp. 591–595.
4. Wiley D.E. The identification problem for structural equation models with unmeasured variables. In *Structural Equation Models in the Social Science*. In Goldberger A.S., Duncan O.D. (eds.) New York: Seminar Press, 1973, pp. 69–83.
5. MacCallum R.C., Austin J.T. Applications of structural equation modeling in psychological research. *Annual Review of Psychology*, No. 51, 2000, pp. 201–226.
6. Fillone A.M., Montalbo C.M., Tiglaio N.C. Assessing urban travel: A structural equations modeling (SEM) approach. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, No. 5, 2005, pp. 1050–1064.
7. Eboli L., Mazzulla G. Service Quality Attributes Affecting Customer Satisfaction for Bus Transit. *Journal of Public Transportation*, Vol. 10, No. 3, 2007 pp. 21–34.
8. Morfoulaki M., Tyrinopoulos Y., Aifadopoulou G. Estimation of Satisfied Customers in Public Transport Systems: A New Methodological Approach. *Journal of the Transportation Research Forum*, Vol. 46, No. 1, 2007, pp. 63–72.
9. Mikhailov A.Yu., Sharov M.I. K voprosu razvitiya sovremennoi sistemy kriteriev otsenki kachestva funktsionirovaniya obshchestvennogo passazhirskogo transporta [On the development of a modern system of criteria for assessing the quality of functioning of public passenger transport]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Nazemnye transportnye sistemy* [The Bulletin of the Volgograd State Technical University. Series: Ground transportation systems], 2014, Vol. 9, No. 19 (146), pp. 64–66.
10. Poltavskaya Yu.O., Mikhailov A.Yu., Lebedeva O.A. Otsenka osnovnykh kharakteristik passazhiropotoka na marsh-rute No. 3 g. Angarska [Assessment of the main characteristics of passenger traffic on route No. 3 of Angarsk]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Irkutsk State Technical University], 2016, No. 5 (112), pp. 187–192.
11. Lebedeva O.A., Poltavskaya Yu.O., Gammaeva Z.N., Kondratenko T.V. Transportnaya infrastruktura kak osnovopolagayushchii faktor effektivnogo funktsionirovaniya ekonomiki strany [Transport infrastructure as a fundamental factor in the effective functioning of the country's economy]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Angarsk State Technical University], 2018, Vol. 1, No. 15, pp. 125–130.
12. Poltavskaya Yu.O. Metodika otsenki kachestva obsluzhivaniya passazhirov v sfere obshchestvennogo transporta [Methodology for assessing the quality of passenger service in the field of public transport]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Angarsk State Technical University], 2019, Vol. 1, No. 16, pp. 184–187.
13. Kripak M.N., Gozbenko V.E., Kolesnik A.I. Optimizatsiya struktury transporta kak mera povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta [Optimization of the transport structure as a measure of increasing the efficiency of the urban passenger transport system]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Angarsk State Technical University], 2013, Vol. 1, No. 1, pp. 229–232.
14. Gozbenko V.E., Ivankov A.N., Kolesnik M.N., Pashkova A.S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchetom moshchnosti passazhiro i gruzopotokov. Deponirovannaya rukopis' No. 330-V2008 17.04.2008 [Methods of forecasting and optimizing the transport network, taking into account the capacity of passenger and cargo flows. Deposited manuscript No. 330-V2008 04.17.2008].
15. Gozbenko V.E., Kripak M.N., Ivankov A.N. Sovershenstvovanie transportno-ekspeditsionnogo obsluzhivaniya gruzovladel'tsev [Improving freight forwarding services for cargo owners]. Irkutsk, 2011.
16. Lebedeva O.A., Kripak M.N., Gozbenko V.E. Increasing effectiveness of the transportation network through by using the automation of a Voronoi diagram. *Transportation Research Procedia*, 36, 427–433.
17. Lebedeva O.A., Antonov D.V. Osnovnye printsipy razvitiya transportnykh sistem gorodov [The basic principles of the development of transport systems of cities]. *Vestnik Angarskoi gosudarstvennoi tekhnicheskoi akademii* [The bulletin of the Angarsk State Technical Academy]. Angarsk: AGTA Publ., 2014, pp. 149–155.
18. Poltavskaya Yu.O., Mikhailov A.Yu. Segment gorodskoi ulitsy pri otsenke kachestva funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo passazhirskogo transporta [A segment of a city street in assessing the quality of functioning of urban public passenger transport]. *Shag v budushchee: teoreticheskie i prikladnye issledovaniya sovremennoi nauki. Materialy 8 molodezhnoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh* [Step into the future: theoretical and applied research of modern science. Materials of the 8th youth international scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists]. SRC «Otkrytie» Publ., 2015, pp. 40–44.

Информация об авторах

Полтавская Юлия Олеговна – к. т. н., доцент кафедры управления на автомобильном транспорте, Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru

Information about the authors

Yuliya O. Poltavskaya – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Subdepartment of Management of Automobile Transport, Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru