

УДК 656.01

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Иванова Жанна Юрьевна<sup>1</sup>, аспирант  
e-mail: [shalaeva-zhanna@yandex.ru](mailto:shalaeva-zhanna@yandex.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** В работе представлен методический подход к проведению многокритериальной оценки мультимодальных пассажирских перевозок. Проанализировано влияние изменения единичного показателя, отражающего тот или иной критерий, на общую критериальную оценку в зависимости от числа показателей. В результате анализа определено оптимальное количество критериев, которое целесообразно использовать при проведении оценки. В целях выполнения пробных расчетов выбраны конкретные критерии и проведены вычисления методом расчета обобщенной критериальной оценки с применением функции «Поиск решения» MS Excel.

**Ключевые слова:** пассажирские перевозки, критериальная оценка, факторы влияния, мультимодальность, многокритериальный подход.

## METHODOLOGICAL APPROACH TO MULTICRITERIA ASSESSMENT OF MULTIMODAL PASSENGER TRANSPORTATION

Ivanova Zhanna Yurevna<sup>1</sup>, Doctoral Student  
e-mail: [shalaeva-zhanna@yandex.ru](mailto:shalaeva-zhanna@yandex.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** The paper presents a methodological approach to conducting a multi-criteria assessment of multimodal passenger transportation. The influence of a change in a single indicator reflecting a particular criterion on the overall criterion assessment depending on the number of indicators is analyzed. As a result of the analysis, the optimal number of criteria was determined that is advisable to use when conducting an assessment. In order to perform trial calculations, specific criteria were selected and calculations were carried out using the method of calculating a generalized criterion assessment using the “Solution Search” function of MS Excel.

**Keywords:** passenger transportation, criteria-based assessment, influencing factors, multimodality, multi-criteria approach.

Пассажирские перевозки играют важнейшую роль в социальном развитии общества. С развитием транспортного сообщения, в том числе расширением дорожной сети и появлением современного подвижного состава, возрастает и транспортная мобильность населения. В свою очередь, у пассажиров появляются новые требования к условиям

перевозки при постоянно растущем спросе на транспортные услуги. Для удержания пассажиропотока транспортным компаниям постоянно приходится реализовывать новые проекты, которые способны удовлетворять все потребности своих клиентов.

В последние годы одним из трендов в развитии транспортных услуг становятся мультимодальные пассажирские перевозки. Несомненно, такие перевозки обладают заметным потенциалом, даже на уже сложившихся транспортных маршрутах. В то же время возникает задача построения такой модели их формирования, которая бы носила многокритериальный характер, отражала как временные, стоимостные затраты пассажиров, так и показатели качества перевозок, комфортабельности и безопасности, учитывала предпочтения населения при выборе того или иного способа перемещения, и, в конечном итоге, приводила к выбору оптимального варианта организации работы транспорта [1].

Существуют различные методы выбора вида транспорта, в основе которых лежат критерии, факторы и другие показатели, оказывающие свое влияние на эффективное взаимодействие участвующих в перевозке видов транспорта. Для успешной реализации мультимодального маршрута необходимо обеспечить конкурентоспособность всех видов транспорта, задействованных при перевозке пассажиров. Так как работу любого вида транспорта организует соответствующая транспортная компания, то при критериальной оценке должны учитываться в том числе и ее интересы, а не только предпочтения клиентов. Здесь могут возникнуть противоречия между участниками перевозки, что рассматривает в своей работе А.Э. Горев [2]. Автор указывает на разнонаправленность желаний участников перевозки: если для пассажира важно отсутствие ожиданий транспортных средств, то для перевозчика необходима заполненность подвижного состава с целью получения максимального дохода. Г.В. Бойко при проведении своих исследований пришел к выводу, что существует некая область пересечения интересов всех участников транспортного процесса [3].

Проведя анализ исследований различных авторов [2 – 4] можно сделать вывод, что в случае оценки мультимодальных перевозок пассажиров целесообразно применять многокритериальный подход. Здесь необходимо рассмотреть вопрос о числе факторов влияния, которое рационально использовать при проведении критериальной оценки.

При большом количестве различных критериев вес каждого из них пропорционально уменьшается. Так, если у нас один критерий, то его вес составляет 100%, пять критериев – 20% и т.д. Здесь следует понимать, что изменение критерия, вес которого составляет менее 15%, не сильно отразится на всей ситуации в целом. Поэтому возникает вопрос об оптимальном количестве критериев, при перемене которых будет даваться адекватная оценка.

Анализ влияния изменения одного показателя на общую критериальную оценку в зависимости от числа показателей представлен табл. 1.

Таблица 1

**Влияние изменения одного показателя на общую критериальную оценку в зависимости от числа показателей**

Число показателей, ед	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя значимость (вес) одного показателя, %	100,00	50,00	33,33	25,00	20,00	16,67	14,29	12,50	11,11	10,00
Изменение общей критериальной оценки при уменьшении значения одного показателя на, %										

Продолжение Таблицы 1

10	10,00	5,00	3,33	2,50	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11	1,00
20	20,00	10,00	6,67	5,00	4,00	3,33	2,86	2,50	2,22	2,00
30	30,00	15,00	10,00	7,50	6,00	5,00	4,29	3,75	3,33	3,00
40	40,00	20,00	13,33	10,00	8,00	6,67	5,71	5,00	4,44	4,00
50	50,00	25,00	16,67	12,50	10,00	8,33	7,14	6,25	5,56	5,00
60	60,00	30,00	20,00	15,00	12,00	10,00	8,57	7,50	6,67	6,00
70	70,00	35,00	23,33	17,50	14,00	11,67	10,00	8,75	7,78	7,00
80	80,00	40,00	26,67	20,00	16,00	13,33	11,43	10,00	8,89	8,00
90	90,00	45,00	30,00	22,50	18,00	15,00	12,86	11,25	10,00	9,00
100	100,00	50,00	33,33	25,00	20,00	16,67	14,29	12,50	11,11	10,00

Из табл. 1 видно, что при различных изменениях множества показателей, значения итоговой оценки сильно отличаются. Так, при оценке влияния двух критериев (например: уменьшение на 60%) общая критериальная оценка составит 30%, в таких же условиях общее влияние десяти критериев – лишь 6%. В такой ситуации авторами статьи определено оптимальное количество критериев от 4 до 6 показателей (выделено цветом).

При выборе конкретных критериев, предлагается рассмотреть их как представителей объединенных групп факторов. Вне факторных групп выделим два самых популярных показателя среди клиентов транспортных услуг – это время в пути (К1) и стоимость перевозки (К2). Для поддержания конкурентоспособности – критерий удобства расписания (К3). И для удовлетворенности пассажиров комфортабельность (К4), удобство в пользовании услугами (покупка билетов и т.д.) (К5).

В начале нужно определить, к каким значениям стремятся показатели. В случаях с критериями К1 и К2 наблюдается стремление к минимальным значениям. Это означает, что потребители транспортных услуг хотят доехать до пункта назначения за более короткое время, но при этом и заплатить меньшее количество денег. Здесь можно сделать вывод, что популярностью будут пользоваться «быстрые» и «дешевые» маршруты. Что касается критериев К3-К5, то их показатели стремятся к максимальным значениям. В данной ситуации пассажиры хотят, чтобы движение транспортных средств соответствовало расписанию, было комфортабельным, данный показатель уменьшает усталость пассажиров, и покупка билета была максимально проста для пользователей.

Таким образом, после проведенного анализа авторы выделили пять критериев:

- время в пути (К1);
- стоимость проезда (К2).
- своевременность (удобство в расписании) (К3)
- комфортабельность (К4)
- единый билет (К5)

При проведении критериальной оценки был выбран метод расчета обобщенной критериальной оценки [5, 6] (формула 1).

$$K = \sum_{i \in I} b_i \cdot \begin{cases} \frac{K_i}{K_i^{\text{норм}}} \\ \frac{K_i^{\text{норм}}}{K_i} \end{cases} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $i$  – индекс критерия;  $i \in I$ , где  $I$  – множество индексов  $i$ ;  
 $b_i$  – вес (значимость)  $i$ -го критерия;  
 $K_i$  – расчетное значение  $i$ -го критерия;  
 $K_i^{\text{норм}}$  – нормативное значение  $i$ -го критерия.



Расчет критериальной оценки производится по прямой формуле (отношение значения критерия к нормативному значению) для показателей, значения которых стремятся к минимуму. В нашем случае такими критериями, как говорилось выше, выступают К1 и К2. В случае со всеми остальными критериями, значения которых стремятся к максимуму, формула будет выглядеть обратным соотношением (нормативное значения к значению критерия).

В качестве примера использования формулы рассмотрим ситуацию, когда показатель К2 (стоимость проезда) увеличивается на 10% относительно некоторого ранее зафиксированного значения. Соответственно, при этом общая критериальная оценка (К) тоже увеличивается. Для того, чтобы как минимум сохранить значение К неизменным, необходимо провести мероприятия, направленные на изменение остальных критериев. С помощью функции «Поиск решения» MS Excel определим, каким образом должны быть произведены такие изменения. При этом в качестве ограничений установим, что К1 может изменяться только в пределах +/- 3%, К3-К5 – в пределах +/- 5%. Расчеты будут проведены как по варианту сохранения значения К, так и по варианту минимизации значения К:

1. Общая критериальная оценка остается равной ранее установленному значению (К=1). Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов

	Вес критерия	$K_i$	$\frac{K_i}{K_i^{норм}}$ ИЛИ $\frac{K_i^{норм}}{K_i}$	Результат с учетом весового коэффициента
К1	0,24	0,970	0,970	0,233
К2	0,24	1,100	1,100	0,264
К3	0,2	1,045	0,957	0,191
К4	0,16	1,026	0,975	0,156
К5	0,16	1,026	0,975	0,156
К об				1,000

Из табл. 2 видно, что для сохранения значения К = 1, при условии заданных ограничений, показатель критерия К1 уменьшился на максимальные 3% и составил 0,97, К3, К4 и К5 увеличился на 4,3%, что составило 1,045 и 2,5%, что составило 1,026, соответственно.

2. Общая критериальная оценка стремится к минимальному значению, как указано в формуле 1. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчетов

	Вес критерия	$K_i$	$\frac{K_i}{K_i^{норм}}$ ИЛИ $\frac{K_i^{норм}}{K_i}$	Результат с учетом весового коэффициента
К1	0,24	0,970	0,970	0,233
К2	0,24	1,100	1,100	0,264
К3	0,2	1,050	0,952	0,190
К4	0,16	1,050	0,952	0,152
К5	0,16	1,050	0,952	0,152
К об				0,992

Из табл. 3 видно, что при заданных ограничениях, минимальное значение функции равно 0,992. В данном случае, K1 достиг значения 0,97 (изменение на 3%), как и в первом варианте, K3 – K5 достигают значения 1,05 (изменение на 5%).

В этой связи одним из ключевых вопросов становится определение так называемых «пороговых» значений критериев. Очевидно, что большая часть рассматриваемых критериев не может изменяться в широком диапазоне, как минимум в краткосрочной перспективе. Например, в значительной части случаев невозможно сократить время в пути без замены подвижного состава и/или модернизации дорожной инфраструктуры. Тем не менее, в случае организации мультимодальных перевозок изменение указанного критерия в широком диапазоне может означать в том числе замену одного вида транспорта другим в транспортной схеме, что, в свою очередь, повлечет пересчет всех прочих критериев и общей критериальной оценки.

В заключении, хотелось бы сказать, что предложенный методический подход к критериальной оценке мультимодальных пассажирских перевозок дает возможность проведения дальнейших исследований, которые позволят более точно определить влияние каждого конкретного критерия на эффективность работы пассажирской транспортной системы в целом.

#### **Список литературы:**

1. Шалаева, Ж.Ю. Методы выбора транспортных средств в системе мультимодальных пассажирских перевозок / Шалаева Ж.Ю., Костров В.Н. // Научные проблемы водного транспорта. 2023. №77 (4).
2. Бойко, Г.В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок: дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / Бойко Григорий Владимирович. – Волгоград, 2006. – 162 с.
3. Горев, А.Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие / Горев А.Э.; СПбГАСУ – СПб., 2010. – 214 с.
4. Цой, М.Е. Исследование факторов, влияющих на удовлетворенность потребителей качеством услуг городского общественного транспорта / Цой М.Е., Щеколдин В.Ю., Долгих И.В. // Российское предпринимательство. – Издательство Креативная экономика. Том 18, номер 21. Ноябрь 2017. С. 3237 – 3259
5. Баранова, И.С. Выбор целевых показателей (индикаторов) для повышения качества транспортного обслуживания населения / Баранов И.С. // Молодой учёный. – №48 (182) / 2017. С.60 – 63.
6. Придворная, С.М. Сущность, критерии и показатели качества пассажирских перевозок / Придворная С.М. // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования, №2 (12), 2016. С. 218 – 223.

