

УДК. 656.072 – 05

Изучение влияния параметров транспортного сервиса на уровень удовлетворенности пассажиров на основе моделирования методами порядковой логистической регрессии

С. С. ПАСТУХОВ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»),
Москва, 129626, Россия

Аннотация. На основе изучения существующей практики маркетинговых исследований выделены три основных подхода к построению процесса сопоставления влияния различных параметров транспортного сервиса и услуг на удовлетворенность населения для целей определения приоритетных направлений реализации управленческих решений в сфере роста качества обслуживания. Изложен механизм выявления и оценки влияния параметров транспортного сервиса на удовлетворенность пассажиров для условий, когда применение корреляционно-регрессионного анализа методом наименьших квадратов не является эффективным. Представлены результаты применения предлагаемых методических подходов в рамках моделирования процессов оценки пассажирами различных аспектов транспортного обслуживания.

Ключевые слова: пассажирские перевозки; транспортный сервис; качество обслуживания; анкетный опрос; экономико-статистические модели

Введение. Переход к новой организационной структуре пассажирского комплекса, ориентированной на рыночные принципы функционирования, при наблюдаемых сейчас процессах значительной интенсификации уровня межотраслевой и внутриотраслевой конкуренции предполагает необходимость дальнейшего развития на железнодорожном транспорте механизмов управления качеством транспортного обслуживания населения, неотъемлемой частью которых является методический инструментарий маркетинговых и экономико-статистических исследований, направленных на поиск и эффективное устранение проблем, возникающих в процессе предоставления пассажирам качественного транспортного сервиса.

В современной маркетинговой практике можно выделить три направления построения процесса сопоставления влияния различных параметров обслуживания на удовлетворенность населения транспортными услугами.

Первое направление подразумевает использование механизмов прямого получения от пассажиров в рамках анкетных опросов как оценок параметров качества, так и весов их важности при формировании общего впечатления. Преимущества подхода: простота

алгоритма расчетов и возможность прямо интерпретировать результаты, определяя осознаваемые пассажиром приоритеты. Однако существует ряд весомых недостатков: не учитывается погрешность выборочных оценок приоритетов и не представлены механизмы проверки неслучайности их различий; существует риск того, что пассажирам может быть представлено избыточное количество параметров для оценки, при этом может наблюдаться желание респондентов отмечать все предложенные факторы как «очень важные», что приведет к невозможности объективного сравнения.

Второе направление (которое в настоящее время наиболее распространено, в том числе на других видах транспорта) подразумевает получение от пассажиров отдельных баллов по параметрам качества и оценки общей удовлетворенности (впечатления о поездке), а сравнительные веса влияния факторов (фактически приоритеты пассажиров) определяются путем вычисления нормированных значений регрессионных коэффициентов из линейных многофакторных моделей механизмами корреляционно-регрессионного анализа на основе метода наименьших квадратов (далее — МНК).

В 2007 – 2008 гг. лабораторией экономики и маркетинга пассажирских перевозок ВНИИЖТа совместно со специалистами Федеральной пассажирской дирекции (ФПД) в рамках развития методологии построения и использования маркетинговой информационно-управляющей системы [1, 2] была построена и внедрена в практику исследований комплексная иерархическая модель оценки пассажирами качества транспортного обслуживания в фирменных поездах, основанная на применении МНК [3, 4].

Однако реальная эффективность такого алгоритма поиска приоритетных путей роста качества обслуживания во многом связана с тем, насколько сильно исходные данные отклоняются от закона нормального распределения, а также в конечном итоге зависит от выполнения базовых предположений Гаусса — Маркова, которые на практике, особенно при малых объемах

■ E-mail: pastuhovsergey@bk.ru (С. С. Пастухов)

выборки, часто не соблюдаются, что может приводить к появлению смещения в оценках или же к ошибочному исключению важных параметров как статистически незначимых.

Для преодоления недостатков, присущих практическому использованию МНК, в рамках третьего направления построения процесса исследования характеристик качества обслуживания предусматривается использование широкого класса непараметрических методов статистики, которые отличает значительное снижение требований к спецификации анализируемых данных. Так, в [5] был предложен подход, основанный на выявлении и выработке рекомендаций по устранению тех проблем с качеством обслуживания, которые оказывают наиболее сильное статистически значимое отрицательное воздействие на пассажиров. Статистическая значимость проблем при этом определяется на основе применения устойчивых к нарушениям закона нормального распределения методов непараметрической статистики, ориентированных на определение различий в независимых выборках, что позволяет выделить и сравнить «тяжесть» проблем с качеством транспортного сервиса. Однако недостатком данного подхода (назовем его методом «сравнения проблем») является потеря части полезной информации из-за преобразования данных по качественным параметрам из n -балльных оценок к бинарному виду (т. е. наличие/отсутствие проблемы), что приводит к снижению возможностей моделирования и анализа «что, если». Таким образом, например, при использовании 5-балльных шкал оценок сложно спрогнозировать, как пассажиры будут воспринимать качество, если одновременно по первому параметру сервиса добиться увеличения удовлетворенности пассажиров с 3 до 4 баллов, а по второму — с 4 до 5, при этом допустив возможное снижение по третьему — с 5 до 4.

Таким образом, целесообразно дальнейшее развитие методологии исследования влияния параметров транспортного сервиса на уровень удовлетворенности пассажиров на основе разработки и использования таких экономико-статистических непараметрических алгоритмов, которые бы позволяли строить удобные прогнозные модели, но при этом по-прежнему отличались сниженными требованиями к спецификации исходных данных, что позволяло бы использовать их в случаях, когда линейные многофакторные модели на основе МНК не дают удовлетворительного результата.

Перспективной основой нового непараметрического статистического подхода может стать применение механизма порядковой логистической регрессии на основе метода максимума правдоподобия (далее — ПЛР), различные вычислительные аспекты которого освещаются в работах [6 – 10].

Данный подход в отличие от метода «сравнения проблем» позволяет строить прогнозные модели, при

этом, в отличие от применения линейных многофакторных моделей на основе МНК, не требуется выполнение базовых предположений Гаусса — Маркова, а также не является обязательной необходимость подчинения массива собираемых от пассажиров оценок закону нормального распределения данных. Кроме того, значительным преимуществом использования логистической регрессии является возможность изучения обособленного влияния каждой категории каждого параметра качества на общее восприятие удовлетворенности пассажира, в то время как в линейных многофакторных моделях предполагается равное влияние при переходе от категории к категории (т. е. при линейной многофакторной модели на основе МНК предполагается, что влияние на общий уровень удовлетворенности повышения оценки по отдельному фактору сервиса с 2 до 3 строго равнозначно повышению с 4 до 5, в то время как при логистической регрессии такое влияние необязательно будет равнозначным).

Следует отметить, что у порядковой логистической регрессии также имеются и свои слабые места: первое — более высокая сложность алгоритма вычислений (однако этот недостаток в значительной степени нивелируется современными возможностями вычислительных средств); второе — сложность последующего сравнения влияния факторов (так, в моделях МНК есть стандартизированные бета-коэффициенты, в методе «сравнения проблем» — интегральные критерии влияния проблемы, однако в порядковой регрессии аналогичного по удобству инструментария нет).

Выходом может стать использование механизма моделирования с последующей визуализацией его результатов в виде графиков «кумулятивного прогноза влияния факторов на воспринимаемое качество».

Предлагаемый алгоритм изучения влияния параметров сервиса на уровень удовлетворенности пассажиров на основе моделирования методами ПЛР. Использовать инструментарий порядковой логистической регрессии для целей изучения влияния параметров транспортного сервиса на уровень удовлетворенности предлагается следующим образом:

1. Осуществляется первоначальный расчет параметров модели ПЛР на основе исходных данных об уровне общей удовлетворенности качеством и значений частных оценок различных параметров сервиса.

2. Проводится проверка общих исходных критериев целесообразности применения ПЛР (формулы расчета которых представлены в [3, 7, 8, 11]). В частности, о высоком прогностическом потенциале модели можно судить по результатам расчета величины псевдо R-квадрат по методу Нагелькерке (Nagelkerke), значения которой позволяют судить о доли дисперсии результирующей переменной, которая объясняется использованной порядковой моделью на основе анализа

Таблица 1

Пример результатов оценивания параметров в модели порядковой логистической регрессии

Table 1

Example of the results of estimating the parameters in ordinal logistic regression model

Оценки параметров для порядковой логистической регрессии	Оценка	Критерий Вальда	Статистическая значимость
Порог* Y	$Y = 1$	-36,609	0,100
	$Y = 2$	-15,439	113,390
	$Y = 3$	-11,006	152,073
	$Y = 4$	-3,352	109,651
Положение** по x_1	$x_1 = 1$	0,520	0,000
	$x_1 = 2$	-3,704	4,560
	$x_1 = 3$	-2,845	18,832
	$x_1 = 4$	-1,133	12,054
Положение** по x_2	$x_2 = 1$	-35,202	0,001
	$x_2 = 2$	-10,223	0,001
	$x_2 = 3$	-1,407	2,506
	$x_2 = 4$	-0,203	0,187

*Порог для значения $Y = 5$ является избыточным (см. [1]).

**Оценка для значения $x = 5$ не приведена, так как является эталоном для сравнения вероятностей и поэтому всегда равна 0.

факторных переменных. Также полезной может оказаться проверка на основе использования критерия хи-квадрат Пирсона, статистической незначимости различий, прогнозируемых моделью, и наблюдаемых частот в разрезе шкалы значений зависимой переменной. После чего целесообразно провести расчет значений средней относительной ошибки аппроксимации (так называемой MAPE) и показателей, характеризующих долевые значения корректно классифицированных моделью наблюдений, в том числе в разрезе каждого из изучаемых рангов зависимой переменной.

3. При получении вывода о целесообразности применения ПЛР проводится детальный анализ статистической значимости влияния каждой из факторных переменных на основе расчета критерия Вальда [11] по наблюдаемым рангам факторных переменных для исключения из дальнейшего моделирования тех параметров качества, полученные оценки по которым не позволяют говорить о неслучайности их влияния на общий воспринимаемый уровень. Так, приведенные в качестве примера в табл. 1 результаты расчета критерия Вальда позволяют сделать вывод о необходимости исключения из дальнейших процедур моделирования фактора x_2 , так как влияние любого из его рангов в изучаемой выборке не может считаться статистически значимым (т. е. может быть случайным).

4. Для целей моделирования создается новый вспомогательный массив данных с изменением оценок пассажиров по факторным переменным, оказывающим статистически значимое влияние на результативную переменную в выбранных кластерах (табл. 2). При этом представляется, что улучшение обслуживания клиента по параметру, по которому он и так полностью удовлетворен (поставил максимальный балл), не должно существенно влиять на общий воспринимаемый общий уровень обслуживания, так же как и снижение по параметру, по которому балл минимально низкий (поэтому наблюдаемые в исходной выборке максимальные и минимальные значения шкал, использованных для измерения факторных переменных, остаются без изменений).

5. Проводится моделирование и оценка изменения общего уровня удовлетворенности клиентов в результате роста/снижения различных составляющих процесса обслуживания и параметров качества услуг на основе применения полученного вспомогательного

Таблица 2

Пример формирования таблицы моделирования для целей оценки изменений общего уровня удовлетворенности клиентов в результате роста/снижения различных составляющих процесса обслуживания на основе использования алгоритмов порядковой логистической регрессии

Table 2

Example of formation of the table of modeling for an assessment of changes of the general level of satisfaction of clients as a result of growth/decrease in different components of process of service on the basis of use of algorithms of ordinal logistic regression

Исходные оценки фактора x_1	Исходные оценки фактора x_2	Исходные оценки переменной Y	Вспомогательный массив данных для прогнозов		Вероятность оценки Y , полученная на базе аппарата порядковой логистической регрессии при Y , равном					Прогноз Y с учетом выбранных условий моделирования
			Модельные оценки фактора x_1 (при росте оценок на 1 балл)	Модельные оценки фактора x_2 (при снижении оценок на 1 балл)	1	2	3	4	5	
5	1	4	5	1	0,00	0,00	0,03	0,96	0,02	4
4	2	3	5	1	0,00	0,00	0,18	0,80	0,02	4
3	3	3	4	2	0,1	0,12	0,70	0,08	0,00	3
2	4	2	3	3	0,13	0,15	0,69	0,03	0,00	3
Средние значения в изучаемой выборке:										
$x_{1cp} = 3,5$	$x_{2cp} = 2,5$	$Y_{исхср} = 3$	$m_{1cp} = 4,25$	$m_{2cp} = 1,75$	—	—	—	—	—	$Y_{прогиср} = 3,5$

массива данных для построения прогнозов, используя выявленные в рамках исходной выборки параметры взаимосвязей результативной и факторной переменных.

Особенностью применения механизма порядковой логистической регрессии является прогнозирование вероятности получения каждой изучаемой категории результирующей переменной (общего воспринимаемого уровня качества) на основе параметров, получаемых при обработке исходных категорий факторных переменных (уровня качества по частным параметрам обслуживания). Система уравнений для определения вероятностей прогнозов, исходя из значений исходной выборки изучаемых данных, имеет вид

$$\left\{ \begin{aligned} p_{N_i} &= \frac{\exp\left(a_N - \sum_{z=1}^w b_{z_i}\right)}{1 + \exp\left(a_N - \sum_{z=1}^w b_{z_i}\right)}; \\ p_{(N+sh)_i} &= \frac{\exp\left(a_{(N+sh)} - \sum_{z=1}^w b_{z_i}\right)}{1 + \exp\left(a_{(N+sh)} - \sum_{z=1}^w b_{z_i}\right)} - \\ &- \frac{\exp\left(a_{(N+(s-1)h)} - \sum_{z=1}^w b_{z_i}\right)}{1 + \exp\left(a_{(N+(s-1)h)} - \sum_{z=1}^w b_{z_i}\right)}; \\ p_{M_i} &= 1 - \sum_{s=1}^h p_{(N+(s-1)h)_i}, \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где p_{N_i} — вероятность получения значения результирующей переменной с минимальным рангом, имеющимся на использованной шкале измерения для наблюдения i ; p_{M_i} — вероятность получения значения результирующей переменной с максимальным рангом, имеющимся на использованной шкале измерения; $p_{(N+sh)_i}$ — вероятность получения значения результирующей переменной с любым промежуточным (выше минимального, но ниже максимального значения) рангом, превышающим минимальный ранг на s делений, при учете размера шага в h баллов имеющегося на использованной шкале измерения (как правило, в большинстве шкал размер шага составляет 1 балл); $a_i = f_i^{\text{порог}}(Y)$ — полученное на основе применения механизмов порядковой логистической регрессии к данным изучаемой исходной выборки значение «порога» результирующей переменной с заданным рангом (т.е., например, a_N — «порог» для оценки вероятности появления минимального для используемой шкалы измерения значения результирующей переменной); $b_{z_i} = f_i^{\text{полож}}(x_z)$ — полученное

на основе применения механизмов порядковой логистической регрессии к данным изучаемой исходной выборки значение «положения» для факторной переменной, характеризующей изучаемый частный параметр z качества сервиса; w — общее количество частных параметров сервиса, включенных в модель исследования.

Таким образом, для каждого i -го наблюдения прогноз для результирующей переменной строится на основе выбора той категории на шкале ее измерения, которая имеет наибольшую вероятность появления.

В свою очередь, при моделировании (см. табл. 2) мы осуществляем построение новых прогнозов на основе замены в (1) параметров b_{z_i} на $b_{z_i}^{m+}$ (при оценке влияния роста качества частного параметра) или на $b_{z_i}^{m-}$ (при оценке влияния снижения):

$$\left\{ \begin{aligned} b_{z_i}^{m+} &= f_i^{\text{порог}}(m_z^+); \\ b_{z_i}^{m-} &= f_i^{\text{порог}}(m_z^-); \\ m_{z_i}^+ &= x_{z_i} + r_{z_i}, 0 \leq r_{z_i} \leq M - x_{z_i}; \\ m_{z_i}^- &= x_{z_i} - r_{z_i}, 0 \leq r_{z_i} \leq x_{z_i} - N, \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где $b_{z_i}^{m+}$ и $b_{z_i}^{m-}$ — полученные на основе применения механизмов порядковой логистической регрессии к данным смоделированной выборки (при росте/снижении качества) значения «положения» для факторной переменной, характеризующей изучаемый частный параметр z сервиса; x_{z_i} — наблюдаемое в исходной выборке значение для z -го частного параметра качества; r_{z_i} — выбранное значение прироста/снижения изучаемого z -го частного параметра качества; M и N — максимальное и минимальное значение шкалы, используемой для измерения частных параметров качества.

6. Проводится сопоставление полученных в ходе моделирования изменений среднего значения общего уровня удовлетворенности клиентов под воздействием роста/снижения различных составляющих процесса обслуживания и параметров качества услуг и визуализация результатов в виде графиков, которые предлагается называть «кумуляты прогноза влияния факторов на воспринимаемое качество». На рис. 1 представлен пример построения кумулята прогноза изменения впечатления пассажиров о поездке в купе фирменного поезда при обеспечении последовательного изолированного роста воспринимаемого пассажирами качества по каждому из выделенных статистически значимых факторов (горизонтальная линия представляет исходный средний уровень удовлетворенности в выборке, точки на ней — средние уровни качества параметров, оцененные пассажирами; точки на ломаных линиях показывают, как будет изменяться общий уровень удовлетворенности при последовательном изолированном росте качества по каждому из рассматриваемых параметров

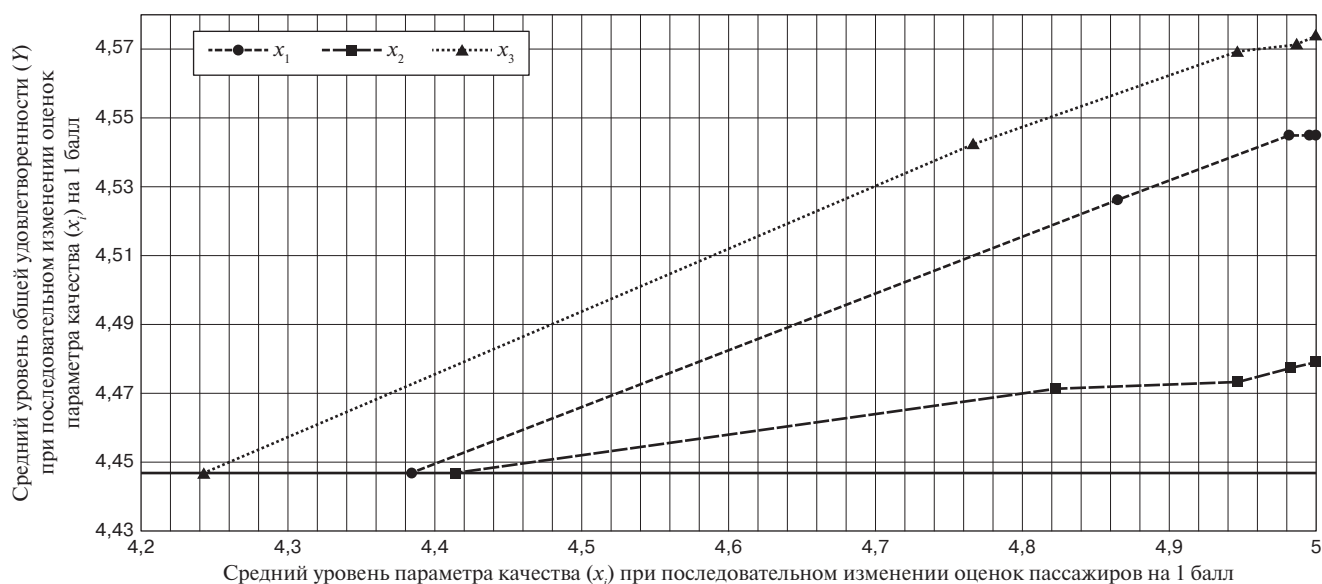


Рис. 1. Пример построения кумулятивного прогноза для целей сравнения изменения общего впечатления пассажиров о поездке в купе фирменного поезда при обеспечении последовательного изолированного роста качества по выделенным на основе логистической регрессии отдельным статистически значимым факторам обслуживания (2007 г.)

Fig. 1. Example of building the cumulative forecast for the purposes of comparison of changes in overall impression of passengers traveling in the compartment of the branded train, while ensuring consistent isolated quality growth in dedicated separate statistically significant factors of service on the basis of logistic regression (2007)

сервиса, в данном случае — с шагом в 1 балл). На рис. 2 приведены аналогичные кумуляты прогноза для случая оценки последствий снижения качества по каждому из факторов. Следует отметить, что наличие ломаных линий на рис. 1 и 2 как раз и отражает учет в данном методе возможной неравнозначности влияния каждой отдельной категории изучаемого фактора

на результирующую переменную (т. е. на аналогичных графиках для моделей МНК были бы представлены не ломаные, а прямые линии).

Сравнительная оценка эффективности работы предлагаемого непараметрического алгоритма изучения влияния параметров сервиса на уровень удовлетворенности пассажиров. Работа предлагаемого механизма

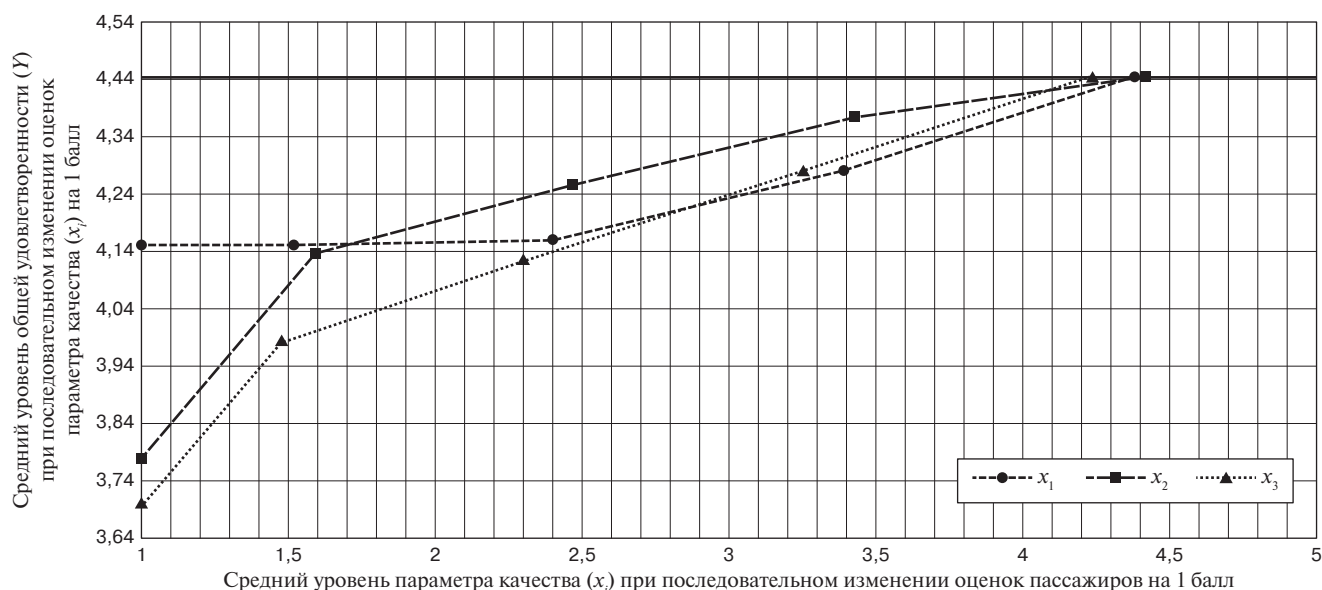


Рис. 2. Пример построения кумулят прогноза для целей сравнения изменения общего впечатления пассажиров о поездке в купе фирменного поезда при возможном снижении качества по выделенным на основе логистической регрессии отдельным статистически значимым факторам обслуживания (2007 г.)

Fig. 2. Example of building the cumulative forecast for the purposes of comparison of changes in overall impression of passengers traveling in the compartment of the branded train, with the possible reducing quality in dedicated separate statistically significant factors of service on the basis of a logistic regression (2007)

Таблица 3

Результаты сравнения ошибок прогноза в моделях МНК и ПЛР

Table 3

The results of the comparison of the forecast error in the MNK and PLR models

Год	Модель оценки	MAPE модели МНК (без округления прогнозов)	MAPE модели МНК (с округлением прогнозов)	MAPE модели ПЛР	Рост эффективности прогнози- рования
1	2	3	4	5	Графа 6 = графа 4/графа 5
2007	Обслуживание в вагоне-ресторане фирменного поезда	8,68%	5,34%	3,65%	1,46
2007	Качество набора питания в фирменных поездах	7,68%	4,27%	3,57%	1,20
2007	Комфортабельность купейного вагона фирменного поезда	7,14%	5,35%	3,78%	1,41
2011	Обслуживание в вагоне-ресторане фирменного поезда	5,58%	4,17%	3,54%	1,18
2011	Обслуживание в вагоне-ресторане нефирменного поезда	6,38%	4,50%	2,97%	1,52
2011	Качество набора питания в фирменных поездах	5,52%	3,80%	2,58%	1,48



Рис. 3. Результаты сравнения эффективности моделей МНК и ПЛР на основе сопоставления общей доли корректно классифицированных моделью оценок общего уровня качества сервиса

Fig. 3. The results of comparing the effectiveness of MNK and PLR models by comparing the total share of correctly classified assessments of total level of service quality by model

выявления приоритетов пассажиров, базирующегося на использовании метода порядковой логистической регрессии, была опробована на массиве данных анкетных опросов 2007 и 2011 гг., по которым результаты применения МНК по тем или иным причинам оказались неудовлетворительными (т. е. были получены низкие оценки качества работы модели либо не выполнялись предположения Гаусса — Маркова). При этом результаты моделирования на основе ПЛР сравнивались с соответствующими результатами применения линейных многофакторных моделей на базе МНК путем сравнения:

- средней относительной ошибки аппроксимации, так называемой MAPE (формулы расчета представлены в [3, 11]);
- общей доли корректно классифицированных моделью результирующих оценок удовлетворенности;
- долей корректно классифицированных моделью оценок в разрезе баллов общей удовлетворенности пассажиров.

Полученные результаты однозначно свидетельствуют о возможности значительного повышения качества моделирования и построения прогнозов при

применении предлагаемого алгоритма порядковой логистической регрессии там, где линейные многофакторные модели дают неудовлетворительный результат.

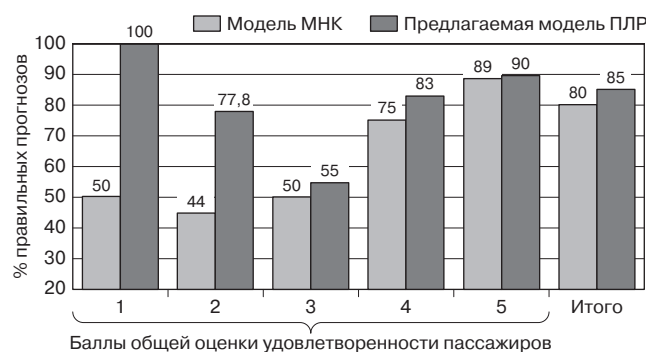


Рис. 4. Результаты сравнения эффективности моделей МНК и ПЛР на основе сопоставления доли корректно классифицированных моделью оценок в разрезе баллов общей удовлетворенности пассажиров при оценке уровня комфорта при поездке в купейных вагонах фирменных поездов (2007 г.)

Fig. 4. The results of comparing the effectiveness of MNC and PCR models by comparing the share of correctly classified assessments by model in the context of the overall passenger satisfaction score when evaluating the level of comfort during traveling in the compartment of the car of branded trains (2007)



Рис. 5. Комплексный механизм изучения влияния параметров транспортного сервиса на уровень удовлетворенности пассажиров
Fig. 5. A comprehensive studying mechanism of the influence of transport service parameters on the level of passenger satisfaction

Так, MAPE при использовании нового подхода сократилась от 1,2 до 1,5 раза и стала для всех моделей ниже порогового уровня на 4% (табл. 3).

Общая доля корректно классифицированных оценок выросла, прирост для всех моделей составил от 2 до 6% (рис. 3). Особо следует подчеркнуть, что причиной этого роста явилось существенное увеличение эффективности классификации по наиболее важным с точки зрения реализации механизма управления качеством «проблемным категориям», что продемонстрировано на примере модели оценки комфортности купейного вагона фирменного поезда (рис. 4). При этом можно говорить о значительно более высокой надежности всех получаемых модельных оценок, так как в отличие от МНК не наблюдалось нарушения предпосылок оптимальности использования данного статистического инструментария.

Вывод. Представленный механизм определения приоритетных направлений роста качества транспортного обслуживания ни в коем случае не отменяет уже имеющиеся, а органично их дополняет. Что позволяет, исходя из практических правил проведения статистических исследований [12] и особенностей массива имеющихся исходных данных, предложить

следующий единый комплексный механизм изучения приоритетов пассажиров, направленный на привлечение максимума объективной информации, необходимой для принятия управленческих решений (рис. 5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирошниченко О.Ф., Милевская В.А., Пастухов С.С. Информационные технологии в маркетинговых исследованиях пассажирских железнодорожных перевозок // Экономика железных дорог. 2007. № 8. С. 71 – 80.
2. Мирошниченко О.Ф., Милевская В.А., Пастухов С.С. Комплексная система маркетинговых исследований рынка пассажирских перевозок дальнего следования // Экономика железных дорог. 2008. № 3. С. 41 – 58.
3. Пастухов С.С. Определение приоритетов пассажиров при оценке качества и выявление наиболее эффективных направлений улучшения качества транспортной услуги и сервиса в фирменных поездах (методология и результаты) // Вестник ВНИИЖТ. 2008. № 1. С. 23 – 27.
4. Пастухов С.С. Определение основных путей повышения эффективности работы вагонов-ресторанов на основе маркетингового анализа // Вестник ВНИИЖТ. 2008. № 2. С. 42 – 47.
5. Пастухов С.С. Определение приоритетных направлений улучшения качества транспортного обслуживания пассажиров в условиях неизвестности реального закона распределения изучаемых данных // Вестник ВНИИЖТ. 2009. № 1. С. 22 – 25.
6. McKelvey, R., Zavoina W. A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables // Journal of Mathematical Sociology. 1975. № 4, pp. 103 – 120.
7. McCullagh, P. Regression Models for Ordinal Data // Journal of the Royal Statistical Society. Series B. 1980. №42(2), pp. 109 – 142.
8. Pregibon, D. Logistic Regression Diagnostics // Annals of Statistics. 1981. № 9, pp. 705 – 724.
9. Anderson, J.A. Regression and ordered categorical variables [with discussion] // Journal of the Royal Statistical Society. Series B. 1984. № 46, pp. 1 – 40.
10. Jennings, D. E. Judging inference adequacy in logistic regression // Journal of the American Statistical Association. 1986. № 81, pp. 471 – 476.
11. Econometric analysis / William H. Greene. 7-th ed. Prentice Hall, 2012. 1232 p.
12. Carmen Wilson, VanVoorhis, Betsy Levonian Morgan. Statistical Rules of Thumb: What We Don't Want to Forget About Sample Sizes // The National Honor Society in Psychology, 2001, vol. 6, no. 4, pp. 139 – 141.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

ПАСТУХОВ Сергей Сергеевич,
канд. экон. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории
«Экономика и маркетинг пассажирских перевозок»,
АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 30.09.2015 г., актуализирована
2.12.2015 г., принята к публикации 17.02.2016 г.

Study on influence of transport service parameters on the level of passenger satisfaction on the basis of modeling by methods of ordinal logistic regression

S. S. PASTUKHOV

Joint Stock Company Railway Research Institute (JSC "VNIIZhT"), Moscow 129626, Russia

Abstract. On the basis of studying of the existing practice of market researches three main approaches are identified for creation of comparison process of influence of different parameters of transport services for satisfaction of the population in order to define the priority directions of implementation of administrative decisions in the field of growth of service quality: direct receiving priorities from passengers; calculation on the basis of using mechanisms of the correlation and regression analysis by method of the smallest squares; calculation which is based on application of different types of nonparametric methods of statistics.

An analysis of the advantages and disadvantages of existing methodological approaches to comparative assessment of the quality of the growth paths of service and services was presented that resulted in the necessity of further development of mechanisms based on the use of nonparametric methodological tools, focused on the construction of convenient predictive models.

Methodical and practical approaches to identifying promising areas to improve the quality of public services were proposed and based on the modeling, comparison and visualization of the results of assessment of the impact of different transport service parameters on the overall quality of service by methods of ordinal logistic regression.

The approbation and assessment of the effectiveness of the proposed methodological approaches was performed on an array of marketing data about the demand of railway passengers for cases when the use of regression analysis of least squares method was ineffective.

As a result, it is proposed to use an integrated mechanism of studying the effect of different service options at the level of passenger satisfaction, which includes a set of parametric and non-parametric statistical methods, and aimed at obtaining the maximum of objective information necessary for management decision-making in the field of quality growth of transport service.

Keywords: passenger transport; travel service; service quality; questionnaire survey; economic and statistic models

REFERENCES

1. Miroshnichenko O. F., Milevskaya V. A., Pastukhov S. S. *Informatsionnye tekhnologii v marketingovykh issledovaniyakh passazhirskikh zheleznodorozhnykh perevozok* [Information technologies in marketing research of passenger railway transport]. *Economika zheleznichnykh dorog*, 2007, no. 8, pp. 71 – 80.
2. Miroshnichenko O. F., Milevskaya V. A., Pastukhov S. S. *Kompleksnaya sistema marketingovykh issledovaniy rynka passazhirskikh perevozok dal'nego sledovaniya* [A comprehensive system of market research of long-distance passenger transportation]. *Economika zheleznichnykh dorog*, 2007, no. 3, pp. 41 – 58.

3. Pastukhov S. S. *Opreделение приоритетов пассажиров при оценке качества и выявление наиболее эффективных направлений улучшения качества транспортной услуги и сервиса в фирменных поездах (методология и результаты)* [Determination of passenger priorities in evaluating the quality, and identification the most effective areas to improve the quality of transport services in the branded trains (methodology and results)]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2008, no. 1, pp. 23 – 27.

4. Pastukhov S. S. *Opreделение основных путей повышения эффективности работы вагонов-ресторанов на основе маркетингового анализа* [Identification of the main ways to increase the efficiency of the dining cars on the basis of market analysis]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2008, no. 2, pp. 42 – 47.

5. Pastukhov S. S. *Opreделение приоритетных направлений улучшения качества транспортного обслуживания пассажиров в условиях неопределенности реального закона распределения изучаемых данных* [Identification of priority areas to improve the quality of transport service for passenger in conditions of uncertainty of the real law of distribution of the studied data]. *Vestnik VNIIZhT* [Vestnik of the Railway Research Institute], 2008, no. 1, pp. 22 – 25.

6. McKelvey R., Zavoina W. *A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables*. *Journal of Mathematical Sociology*, 1975, no. 4, pp. 103 – 120.

7. McCullagh P. *Regression Models for Ordinal Data*. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 1980, no. 42(2), pp. 109 – 142.

8. Pregibon D. *Logistic Regression Diagnostics*. *Annals of Statistics*, 1981, no. 9, pp. 705 – 724.

9. Anderson J. A. *Regression and ordered categorical variables* (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 1984, no. 46, pp. 1 – 40.

10. Jennings D. E. *Judging inference adequacy in logistic regression*. *Journal of the American Statistical Association*, 1986, no. 81, pp. 471 – 476.

11. William H. Greene. *Econometric analysis*. Prentice Hall Publ., 2012, 1232 p.

12. Carmen Wilson, VanVoorhis, Betsy Levonian Morgan. *Statistical Rules of Thumb: What We Don't Want to Forget About Sample Sizes* // *The National Honor Society in Psychology*, 2001, vol. 6, no. 4, pp. 139 – 141.

ABOUT THE AUTHOR

PASTUKHOV Sergey Sergeevich,

Cand. Sci. (Econ.), leading researcher of laboratory "Economy and marketing of passenger transport", JSC "VNIIZhT"

Received 30.09.2015

Revised 2.12.2015

Accepted 17.02.2016

■ E-mail: pastuhovsergey@bk.ru (S. S. Pastukhov)