

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБОРА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. Т. Ямалдинова, младший научный сотрудник,
Б. Б. Сулайманова, младший научный сотрудник, КТУ «Манас»

This paper aims to show the use of binary choice model on transport preferences of students', of economics and business administration faculty, Kyrgyz-Turkish Manas University. The results of probit model show that the choice on travelling on minibuses to get to university is depending on the time to spend on the road speed of transport, absence for another transport alternatives.

Общественный транспорт играет заметную роль в городской инфраструктуре. В Бишкеке он представлен разветвленной троллейбусно-автобусной сетью, но преимущественное положение занимают маршрутные и частные такси. При этом маршрутные такси действуют во всех населенных пунктах города Бишкека и за его пределами [1].

Целью данной работы является моделирование предпочтений студенческой среды в выборе средств передвижения. На основе исследования и изучения научных статей по рассматриваемой проблеме нами разработана собственная методика анкетирования и модель бинарного выбора.

Предпочтения в выборе транспортных средств были исследованы во многих странах и для разных категорий людей. При этом в основном использовались модели бинарного и множественного выбора.

В работе Догана, Акана и Октяя (2006) дан анализ междугородного спроса на пассажирские перевозки студентов университета «Ататюрк» города Эрзурума (Турция). На основе анкетных данных 750 студентов с помощью программы SSPS 11.5 сформулированы три бинарные logit-модели, по которым определялся выбор одного из двух видов транспорта – автобус или самолёт. Авторами выбраны статистически значимые независимые переменные, такие, как: постоянное место проживания семьи, уровень образования главы семьи, время нахождения в междугородных поездках, доход студентов, количество междугородных поездок на автобусе, количество учащихся в семье, место проживания студента, влияние снижения цен на количество поездок. По результатам анализа было выявлено, что 90% студентов используют автобус для междугородных поездок, 9% выбирают самолет и незначительная часть, всего 1 %,

использует поезда и автомобили. На спрос на самолёты повлияли такие факторы, как смена постоянного места жительства студента (из села в город), повышение уровня образования главы семьи, сокращение времени в пути и рост доходов студента. Кроме того, была выявлена обратная связь между такими переменными, как количество учащихся в семье и использование автобусов студентами, то есть с увеличением числа учащихся в семье сокращается количество поездок. Но снижение цен на поездки и увеличение доходов студентов положительно сказываются на количестве поездок. Кроме этого, студенты, проживающие в государственных общежитиях, чаще используют автобусы в междугородных поездках, нежели студенты, живущие с родителями [2].

Йайлалы и Дилек (2009) с помощью модели бинарного выбора (logit-модель) исследовали факторы, влияющие на предпочтение населением авиатранспорта. Данные были получены путем анкетирования 569 междугородных пассажиров, проведенного с февраля по апрель 2007 г. в городе Эрзуруме (Турция). Зависимой переменной был выбор самолетов пассажирами для междугородных поездок; независимыми переменными послужили профессия, ежемесячный доход и возраст пассажира. Методом эмпирического анализа было выявлено, что по мере увеличения доходов, растет спрос на авиатранспорт для междугородных поездок, а с увеличением возраста пассажира спрос на авиатранспорт снижается [3].

Й. Ким, Т.-Й. Ким и Е. Хео (2003) изучили выбор одного из трех видов транспорта для поездки на работу (автомобиль, автобус, метро) путём множественной probit-модели. Данные были получены из наблюдения, проведенного в октябре 1998 г. в Сеуле (Корея).

Авторы оценивают прямую и перекрестную эластичность по отношению к стоимости проезда и времени нахождения в пути. Анализ показал, что спрос на поездки более эластичен по отношению ко времени, нежели к расходам. По показателю перекрестной эластичности, автобус по сравнению с автомобилем предпочтительнее для замещения по отношению к метро, а увеличение расходов на автомобиль выстраивает положительную связь со спросом на автобус, нежели на метро [4].

Гебейеху и Такано (2007) исследовали выбор населением общественного транспорта в городе Аддис-Абебе (Эфиопия). Ими были смоделированы logit-модель с упорядоченными альтернативами для изучения восприятия гражданами состояния автобусов и logit-модель бинарного выбора предпочтений пассажиров. В результате выявлены три основных фактора (плата за проезд, комфорт, частота движения транспорта), оказывающие существенное влияние на общественный выбор транспорта [5].

В нашем исследовании мы использовали метод анкетирования студентов Кыргызско-Турецкого университета «Манас» факультета экономики и управления. Поскольку общее количество студентов за 2011-2012 учебный год составило 582 человека, то в 90%-м доверительном интервале размер выборки составил 186 человек [6]. Из 200 заполненных анкет 16 были забракованы из-за неполной информации.

Анкета содержала 19 вопросов, касающихся демографического и социально-экономического положения респондентов. Данные анкет были использованы для создания модели бинарного выбора транспортных средств с помощью эконометрической программы. Из двух моделей бинарного выбора (logit-модель и probit-модель, где результирующая переменная принимает дискретные значения) мы использовали probit-модель.

$$p_i = \Phi(x_i\beta) = \int_{-\infty}^{x_i\beta} \phi(z) dz, \quad (1)$$

где β – вектор значений параметров; x_i – вектор независимых переменных. Функция $\Phi(\cdot)$:

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

является функцией стандартного нормального кумулятивного рас-

пределения и принимает значения в интервале (0,1).

$$p = P(y_i = 1|x_i) = \Phi(x_i\beta) \quad (2)$$

$$p = P(y_i = 0|x_i) = 1 - \Phi(x_i\beta). \quad (3)$$

Уравнение (2) показывает значения вероятности того, что $y_i=1$ в зависимости от вектора x_i , содержащего индивидуальные характеристики.

Для оценки параметров (2) модели обычно используется метод максимального правдоподобия:

$$L_i(x_i, \beta) = \Phi(x_i\beta)^{y_i} (1 - \Phi(x_i\beta))^{1-y_i}. \quad (4)$$

В моделях с дискретной зависимостью значение коэффициентов непосредственно интерпретировать нельзя, для этого необходимо вычислить предельные эффекты, близкие к интерпретации коэффициентов в линейных регрессиях. Формула нахождения предельного эффекта выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial p}{\partial x_j} = \Phi(x_i\beta)\beta_j. \quad (5)$$

Уравнение (5) показывает изменение вероятности попасть в ту или иную группу при увеличении независимой переменной на единицу [7].

Проверка качества «подгонки» модели измеряется показателем Псевдо R^2 :

$$Pseudo R^2 = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2(\log L_f - \log L_c)}{n}}, \quad (6)$$

где n - количество наблюдений.

Чем больше значение Псевдо R^2 , тем лучше модель. Этот показатель принимает значение в интервале от 0 до 1, чаще всего 0,2–0,4 и обычно не превышает 0,5.

При проверке гипотезы о наличии ограничений на коэффициент в качестве аналога F -теста в линейной регрессии используются отношения правдоподобия (LR test):

$$LR = -2(\log \hat{L}_c - \log \hat{L}_f) \sim \chi^2(k), \quad (7)$$

где k - количество ограничений, то есть количество независимых переменных в модели [8].

Подводя итоги, отметим, что в данной модели зависимой переменной является выбор транспортных средств студентами КТУ «Манас» факультета экономики и управления. Независимыми переменными - пол, возраст, семейное положение студента, отделение и курс, на котором учится студент, место проживания (область, тип населенного пункта),

количество учащихся в семье студента, средний ежемесячный доход родителей студента, доход и средний объём ежемесячных затрат студента, ежедневная плата за проезд в обе стороны и время, потраченное на дорогу.

В модель вошли следующие переменные.

1. **Transport** - выбор транспортного средства, следующего до университета: 1 – если выбрано маршрутное такси, 0 - для всех остальных видов транспорта.

2. **Quant_transport** - количество транспортных средств, следующих от дома до университета.

3. **Single_altr** - причина выбора данного вида транспорта: 1 - отсутствие альтернативы; 0 – в противном случае.

4. **Fast** - причина выбора данного вида транспорта: 1 - быстро; 0 – в противном случае.

5. **Rent** – место проживания: 1 - съемный/ая дом / квартира; 0 – в противном случае.

6. **Income** – личный доход студента.

7. **Time_way** – время, затраченное на дорогу.

8. **Expen_month** – средний объём ежемесячных затрат студента.

Результаты исследования представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 - Результаты probit-модели

Переменная	Коэффициент	Ст. ошибка	z-статистика
Quant_transport	1.445333***	0.2430122	5.95
Single_altr	1.215649***	0.3160731	3.85
Fast	0.7253219***	0.2818738	2.57
Rent	0.5566562**	0.275434	2.02
Income	0.0001343**	0.0000664	2.02
Time_way	0.0089959**	0.0044819	2.01
Expen_month	- 0.0000895*	0.0000479	-1.87
Constant	-2.502313***	0.5124706	-4.88
Кол-во наблюдений = 184			
LR $\chi^2(7) = 107.96$			
Вероятность $> \chi^2 = 0.0000$			
Псевдо $R^2 = 0.4591$			
* 10 %, ** 5 %, *** 1 %			

Как видно из табл. 1, все коэффициенты статистически значимы на 10%, 5% и 1%-ном уровне. Данная модель проверялась по LR – статистике, поскольку вероятность (*prob.*) < 0,05, модель является статистически значимой. Показатель качества модели Псевдо R^2 равен 0,4591, что говорит о качественной модели.

В табл. 2 представлены предельные эффекты выбора маршрутного такси студентами факультета экономики и управления КТУ «Манас». По мере увеличения количества транспорта на один процент, используемого студентами до университета, вероятность выбора маршрутного такси увеличивается на 0,42%. Вероятность выбора транспортного средства из-за отсутствия альтернативы и бы-

строты передвижения по сравнению с другими причинами больше соответственно на 40 и 21%. Вероятность того, что студенты, живущие в съемной квартире, используют маршрутное такси больше на 15% по сравнению со студентами, проживающими не в съемных квартирах. Также можно отметить, что с увеличением дохода на 1%, вероятность выбора маршрутного такси увеличивается на 0,0000396%. С увеличением времени, потраченного на путь, увеличивается вероятность выбора маршрутного такси, а с увеличением среднего объема ежемесячных затрат вероятность выбора маршрутного такси уменьшается.

Таблица 2 - Предельные эффекты для probit-модели

Переменная	Предельные эффекты (dy/dx)	Ст. ошибка	z-статистика
Quant_transport	0.4257981***	0.07347	5.80
Single_altr	0.4026133***	0.10278	3.92
Fast	0.2143087**	0.08195	2.61
Rent	0.150909**	0.06988	2.16
Income	0.0000396**	0.00002	2.02
Time_way	0.0026502**	0.00128	2.08
Expen_month	-0.0000264*	0.00001	-1.85
* 10 %, ** 5 %, *** 1 %			

По результатам эмпирического анализа было выявлено, что студенты в большинстве случаев выбирают маршрутное такси для приезда в университет с пересадкой, а также из-за того, что оно является не только быстрым видом транспорта, но и единственной альтернативой. Можно отметить, что с увеличением дохода студентов увеличивается вероятность использования маршрутного такси; так как при низком доходе студенты могут выбрать более дешевый вид транспорта, например, троллейбус или автобус. Поскольку доходы студентов малы, вероятность перехода на другие транспортные средства очень мала. А с увеличением времени, потраченного на дорогу, студенты, проживающие далеко от университета, вероятнее всего выберут маршрутное такси, из-за отсутствия других видов транспорта. Обратная связь между средним объемом ежемесячных затрат и вероятностью выбора маршрутного такси объясняется тем, что рост ежемесячных затрат создает спрос на другие виды транспорта, такие как такси и автомобиль.

Таким образом, студенты КТУ «Манас» выбирают в основном маршрутное такси, поскольку количество муниципального транспорта не удовлетворяет спрос на него, а муниципальные маршрутные линии явно проигрывают по сравнению с мобильным и всеобщим маршрутным такси.

Использованные источники

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Bishkek> (April 2012).
2. Doğan, E.M., Akan, Y., ve Oktay, E. “Şehirlerarası ulaşım talebini etkileyen faktörlerin analizi: Atatürk Üniversitesi öğrencileri üzerinde bir uygulama” (2006). Sosyal Bilimler Enstitüsü

Dergisi/Journal Of Graduate School Of Social Sciences, Cilt 7, Sayı 1.

3. Yaylalı, M. ve Dilek, Ö. (2009). ‘Erzurum’da yolcuların havayolu ulaşım tercihlerini etkileyen faktörlerin tespiti’, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, c.XXVI, s.1.

4. Kim, Y., Kim, T., Heo, E. (2003). ‘Bayesian estimation of multinomial probit models of work trip choice’, Transportation 30: 351-365.

5. Gebeyehu, M., Takano, Sh. (2007). ‘Diagnostic evaluation of public transportation mode choice in Addis Ababa’, Journal of Public Transportation, vol. 10, No. 4: 27-50.

6. Расчет размера выборки, <http://marketolog.biz/surin/calculator.htm> - March 2012.

Raschet razmera I vyborki <http://marketolog.biz/surin/calculator.htm> - March 2012.

7. Güriş, S. ve Çağlayan, E. (2010). Ekonometri: Temel kavramlar. Der Yayınları, İstanbul, ss. 672-676.

8. Эконометрика: учеб./Под ред. И.И. Елисейевой. – М.: Проспект, 2010. - С. 106-125. Eliseevoi. – М.: Prospect, 2010. – S. 106-125.

Апрель 2012 г.