

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.072

М.Е. Корягин, А.А. Нестерова

СРАВНЕНИЕ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ И ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ВЫБОРА СПОСОБА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ Г. КЕМЕРОВО

1. Введение

Перемещения граждан – одна из важных составляющих развития экономики и культуры города. Особую роль здесь занимает общественный транспорт. Однако это не единственный способ перемещения – существуют такие конкуренты, как личные автомобили и перемещения пешком.

Выбор пассажиром способа передвижения зависит от многих факторов, в том числе случайных. Поэтому необходимо исследовать не поведение отдельного индивида, а поведение множества людей. В Travel Mode Choice [4, 5] наиболее часто используются вероятностные модели, однако детерминированные модели выбора способа передвижения также разрабатываются.

В данной работе проведено сравнение моделей двух типов на примере г. Кемерово.

2. Детерминированная модель

Основным фактором, влияющим на выбор способа перемещения является стоимость времени, затраченного на это перемещение. Слои населения с низким доходом будут перемещаться пешком, со средним достатком – на общественном транспорте и с высоким доходом – на автомобиле.

Стоимость времени перемещения на общественном транспорте определяется как пассажиро-час. Существуют различные способы оценки стоимости времени ожидания, проезда в зависимости от времени суток и цели поездки. Наиболее распространены оценки, основанные на уровне доходов человека или семьи, а, точнее, на стоимости часа труда человека. Поэтому в данной работе применен подход, который оценивает стоимость времени на основе доходов населения.

Пусть $G(x)$ – функция распределения уровня доходов населения города в месяц, которую можно получить в статистических ежегодниках. Тогда если среднее количество рабочих часов n , то функция распределения стоимости часа человека $F(x) = G(x/n)$.

Теперь необходимо определить скорость перемещения человека. Чтобы привести эти скорости к единому знаменателю, необходимо учитывать непрямолинейность пути для каждого спосо-

ба перемещения, а для общественного транспорта – среднее время ожидания и время подхода к остановочному пункту от места возникновения потребности в перемещении и от остановочного пункта до места назначения.

Учитывая эти поправки, введем следующие параметры: v_p – средняя скорость пешехода по прямой в городе; v_r – средняя скорость передвижения на общественном транспорте по прямой в городе; v_a – средняя скорость автомобиля по прямой в городе.

Очевидно, что скорость пешехода в среднем ниже скорости передвижения на общественном транспорте, а самым скоростным видом транспорта является автомобиль.

Кроме затрат времени человек несет затраты на передвижение в общественном транспорте и автомобиле: c_r – средняя стоимость для человека 1 километра при перемещении на общественном транспорте; c_a – средняя стоимость для человека 1 километра при перемещении на автомобиле.

Автомобиль является наиболее дорогим средством передвижения, таким образом, расходы при перемещении пешком составят x/v_p . При перемещении на общественном транспорте $x/v_r + c_r$ и на автомобиле $x/v_a + c_a$.

Несложно заметить (приравнивая формулы), что доход, при котором люди предпочитают пешие перемещения автобусным, не превосходит

$\frac{c_r v_r v_p}{v_r - v_p}$. Соответственно, доля пеших перемеще-

$$\text{ний } F\left(\frac{c_r v_r v_p}{v_r - v_p}\right).$$

С другой стороны, определим доход, при котором выгоднее использовать не общественный транспорт, а автомобиль:

$$\frac{(c_a - c_r)v_r v_a}{v_a - v_r}. \quad (1)$$

Доля передвижений автомобилями:

$$1 - F\left(\frac{(c_a - c_r)v_r v_a}{v_a - v_r}\right). \quad (2)$$

Доля перемещений общественным транспортом:

$$F\left(\frac{(c_a - c_r)v_r v_a}{v_a - v_r}\right) - F\left(\frac{c_r v_r v_p}{v_r - v_p}\right). \quad (3)$$

При высоком уровне доходов и относительно невысокой стоимости эксплуатации автомобиля, а также при наличии разветвленной сети дорог, как в США и Канаде, доля перемещений на общественном транспорте будет невысока при любой стоимости проезда.

Однако если рассмотреть города с высокой плотностью населения, то в этих случаях эксплуатация большого количества автомобилей может привести к снижению скорости передвижения и, кроме того, может стать экологической угрозой для населения города. В этом случае необходимо увеличить долю общественного транспорта при перемещениях населения.

В качестве примера рассмотрим ситуацию в г. Кемерово. Для оценки выбора способа перемещений жителями города примем следующие показатели [1]: средняя скорость передвижения пешком $v_p=4.6$ км/час; средняя скорость передвижения на общественном транспорте $v_r = 18$ км/час; средняя скорость передвижения на автомобиле $v_a = 40$ км/час.

Исходя из данных средней заработной платы в г. Кемерово, распределение стоимости времени пассажиров соответствует распределению Эрланга второго порядка со средним 53.

Выбирая какой-либо один из перечисленных способов, человек непременно несет кроме временных затрат, характерных для пеших перемещений, еще и материальные затраты на передвижение в общественном транспорте и на автомобиле.

Средняя стоимость затрат на передвижение человека в общественном транспорте рассчитывается как отношение стоимости проезда на среднюю дальность поездки и составляет 1,7 руб./км.

Затраты на перемещение на автомобиле складываются из затрат на топливо, амортизационных отчислений, затрат на восстановление износа шин, на ГСМ, на страхование и составляют 3,5 руб./км.

Используя (1-3), определим долю жителей г. Кемерово, для которых в качестве средства передвижения выгоднее использовать автомобиль – 30%, общественный транспорт – 63%, пешком – 5%.

Необходимо отметить, что в последние годы наблюдается устойчивый рост доходов населения по отношению к стоимости передвижения.

На графике показана вероятность выбора способа перемещения в зависимости от доходов. Выделены две определяющие точки. Население со стоимостью часа до 18 руб. предпочитает перемещаться пешком, в то время, как при стоимости времени выше 65 руб./час высока доля перемещений на личном автомобиле.

3. Вероятностная модель

Подвижность населения исследуется в зарубежной литературе преимущественно с помощью логит-функций [4, 5]. Благодаря такому подходу удается получить формулы, учитывающие различные социально-экономические и транспортные факторы. Однако недостатком такой модели является наличие коэффициентов, которые необходимо установить эмпирическим путем.

Для поиска параметров логит-модели в 2009 году было опрошено около 3 тысяч кемеровчан разных возрастов, мест проживания, работы, вида деятельности и уровней доходов. Анкета включала вопросы о месте проживания и работы, возрасте, уровне доходов, виде деятельности, наличие автомобилей в семье. Основную часть анкеты составляли сведения о поездках человека в течение

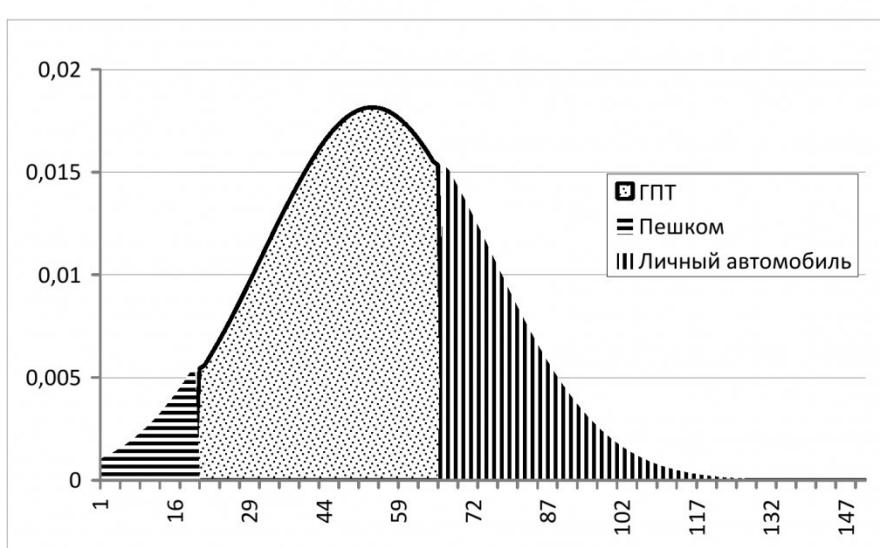


Рис 1. Зависимость выбора способа передвижения от доходов

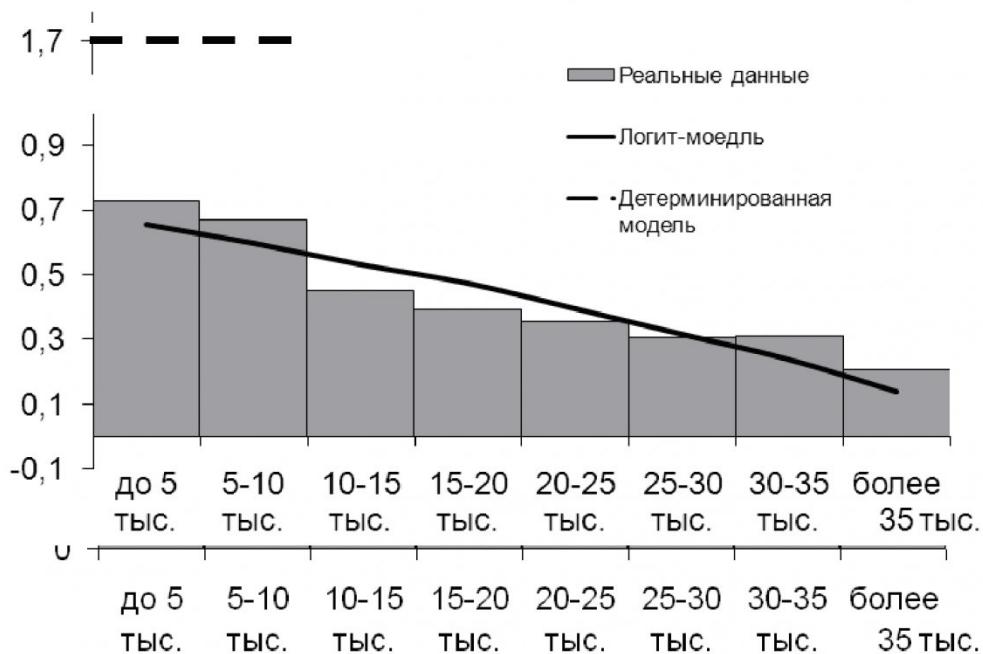


Рис. 2 . Вероятность перемещения пешим способом

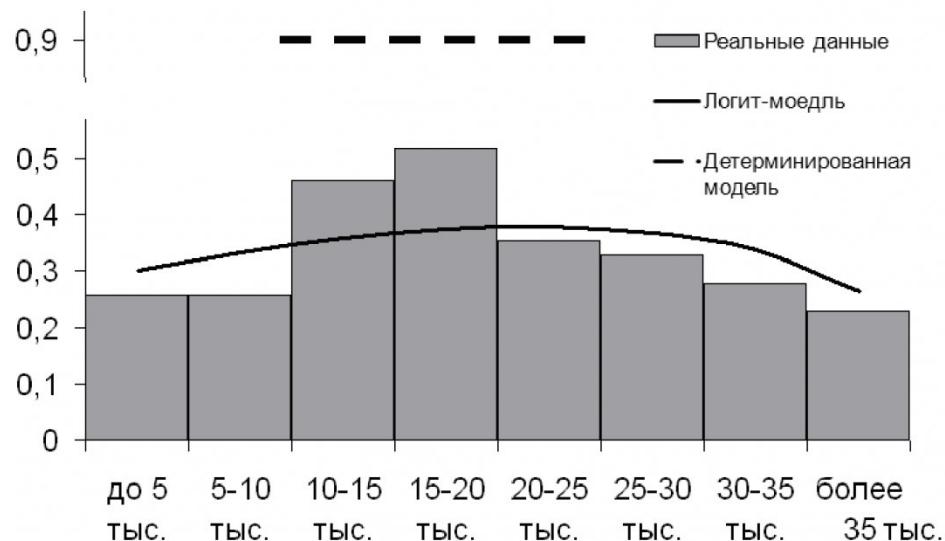


Рис. 3 . Вероятность перемещения на ГПТ

недели (способе передвижения, времени и назначении поездки). Для анализа информации была составлена база данных Access, в которую были включены все данные анкет

Для семей с месячным доходом I вероятность выбора j способа перемещения в общем виде представляется следующей формулой:

$$P_j = \frac{\exp\{A_i + B_i I\}}{\sum_{i=1}^3 \exp\{A_i + B_i I\}}, \quad (4)$$

где в качестве способов перемещения рассматривались те же 3 варианта (пеший, ГПТ, легковой автомобиль).

Оценка параметров модели (A_i, B_i) проводилась на основе анкетирования населения г. Кемерово по методу максимального правдоподобия. С

помощью численных методов получены оценки параметров логит-модели для каждого способа перемещения.

3. Сравнение описанных моделей

На рисунках (2-4) представлены графики, описывающие выбор способа передвижения при увеличении доходов. Очевидно, что логит-модель описывает выбор человека с большей точностью, чем модель, представленная выше.

С увеличением доходов увеличивается подвижность населения и изменяется ее структура. Например, в семьях с доходом менее 10 тыс. руб. около 70% перемещений осуществляют пешком, с возрастанием доходов доля пеших перемещений падает до 20%.

Городской пассажирский транспорт один из основных способов перемещения населения горо-

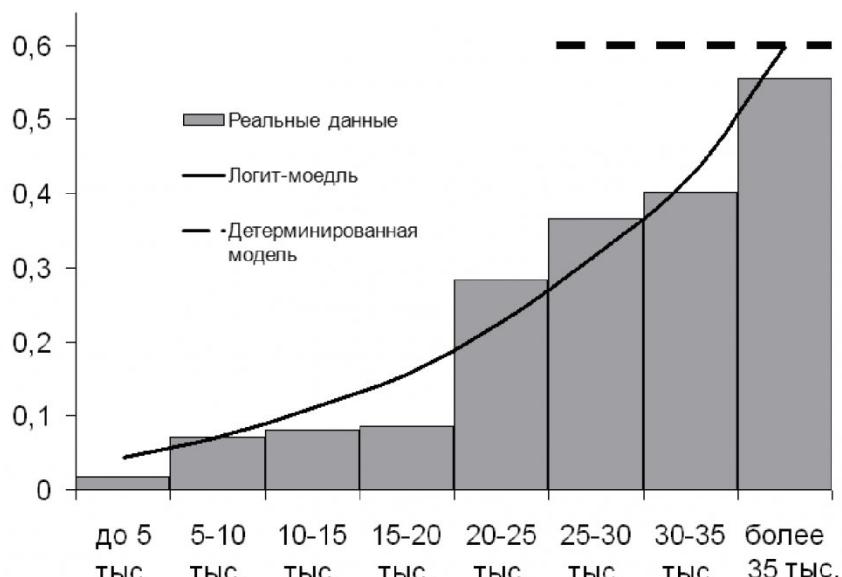


Рис. 4. Вероятность перемещения на личном автомобиле

да. Основные потребители произрастают из семей с доходом 10-20 тыс. руб. И даже население с высокими доходами до 20% поездок осуществляют на маршрутных такси.

Еще одной иллюстрацией влияния уровня доходов населения является выбор личного автомобиля для перемещения. Отметим, что с ростом доходов вероятность его использования возрастает с 2% до 57%.

Отметим, что простата детерминированной модели не позволяет описать поведение населения. Возможно перемещение на легковом автомобиле людей с невысокими доходами, а также перемещение пешком в более обеспеченных семьях. Это обуславливается тем, что кроме доходов су-

ществуют и другие факторы влияющие на выбор способа перемещения. Логит-модель более адекватно описывает поведение населения в зависимости от уровня доходов.

4. Заключение

Проведенное обследование показывает зависимость выбора способа передвижений от уровня доходов населения. Исследование позволяет оценить, как изменяются перемещения населения при возрастании уровня доходов населения города. Учет изменения социально-экономического положения населения позволит грамотно организовать движение общественного транспорта и легковых автомобилей в г. Кемерово.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корягин М.Е., Сидорова С.А. Распределение городского населения по способам перемещений // Вестник ТГУ. Серия «Математика. Кибернетика. Информатика», Приложение «Информационные технологии и математическое моделирование». – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. – № 19. – С. 292-298.
2. Корягин М.Е., Янсон А.А. Исследование влияния уровня доходов населения на выбор способа передвижения в городе Кемерово // Современные пути развития машиностроения и автотранспорта Кузбасса: Труды I Всероссийской научно-технической конференции. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2007. – С. 455-459.
3. Михайлов А.С. Управление рынком перемещений городского населения. -Алматы: НИЦ Гылым, 2003.-237 с.
4. Golob, T.F. (2000). A simultaneous model of household activity participation and trip chain generation // Transportation Research - Part B: Methodological, 34: 355-376.
5. Holzer H. J., Quigley J. M., Raphael S. Public Transit and the Spatial Distribution of Minority Employment: Evidence from a Natural Experiment [Текст]//Journal of Policy Analysis and Management, 2003, Vol. 22, No. 3, 415–441.

□ Авторы статьи:

Нестерова
Анастасия Аркадьевна
– старший преподаватель
каф.автомобильных перевозок КузГТУ Тел. 384-2- 39-63-11.

Корягин
Марк Евгеньевич
– канд.техн. наук, доц. каф.
автомобильных перевозок КузГТУ
Тел. 384-2- 39-63-11.