

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРУДОВЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ПАССАЖИРОВ В МАЛЫХ ГОРОДАХ

П.Ф. Горбачев, к.т.н., доцент, Е.В. Любый, ассистент, ХНАДУ

*Аннотация.* Проведен анализ существующих методов получения матрицы корреспонденций пассажиров. Предложены методы обследования трудовых передвижений для малых городов. Описаны результаты обследований, проведенных в городе Свердловск Луганской области.

*Ключевые слова:* малые города, матрица корреспонденций пассажиров, городской маршрут, пассажиропоток, закон распределения.

### Введение

Наибольшее внимание ученых при изучении пассажирских маршрутных транспортных систем городов уделяется крупным и крупнейшим городам. Это вполне объяснимо масштабами, сложностью и остротой рассматриваемых проблем. В недавнем прошлом обслуживание населения средних и малых городов практически полностью осуществлялось автобусами, уровень личной автомобилизации населения был невысок, частных автобусных перевозок не существовало.

Относительная простота структуры таких городов привела к мнению, что разрешение транспортных проблем более сложных объектов автоматически даст решение и для них. В настоящее время в средних и малых городах сложилась иная ситуация: значительно увеличилось количество городских маршрутов, возникла конкуренция между частными перевозчиками, обслуживающими муниципальные маршруты городского общественного транспорта. Особый характер приобрел процесс автомобилизации населения, увеличилась интенсивность движения на улицах городов.

В то же время закономерностям процесса перевозки пассажиров в средних и малых городах внимания практически не уделяется, о чем свидетельствует незначительное количество проектных и исследовательских ра-

бот, посвященных этой проблеме. Особую актуальность при решении транспортных проблем малых городов приобретает моделирование потребностей населения в передвижениях, поскольку, с одной стороны, его результаты определяют точность решения любой задачи в сфере городских пассажирских перевозок, с другой стороны, процесс моделирования потребностей жителей малых городов в передвижениях практически не формализован.

### Анализ публикаций

Согласно [1] ключевыми признаками разделения городов Украины являются численность населения и основные народнохозяйственные функции. В соответствии с результатами переписи 2001 года доля малых городов в Украине составляет 77,5% (346 ед.), в них проживает 35,2% всего городского населения страны, что подтверждает необходимость уделять серьезное внимание транспортным проблемам малых городов.

Формирование общегородских трудовых корреспонденций происходит в условиях достаточно большой свободы выбора населением, как мест проживания, так и мест приложения труда (обучения). При этом среди факторов, которые определяют выбор пары «жилье-работа», транспортные характеристики пути передвижения играют второстепенную роль. Важными показателями являются: принадлежность человека к опре-

деленной социальной группе, профессия и квалификация, размер заработной платы и характер предприятия – места работы, а также жилищные условия и характер окружающей среды в месте проживания [2].

В литературных источниках рассматривается значительное количество методов получения матрицы корреспонденций. Согласно классификации методов моделирования матрицы корреспонденций, описанной в [3], существуют два кардинально отличающихся подхода к определению матрицы корреспонденций:

1. На основе статистических данных (экстраполяционные, так называемые прогностические, и методы, основанные на регрессионном анализе);

2. На основе априорных логических гипотез, так называемые синтетические (вероятностный, энтропийный, гравитационный).

Отличие этих двух подходов подразумевает не только различные принципы нахождения матрицы трудовых корреспонденций, но и разные исходные данные. Так первый подход для получения прогнозной матрицы корреспонденций требует наличия существующей матрицы, полученной путем натурных обследований. Второй подход отличается тем, что он синтетически позволяет получить прогнозную матрицу корреспонденций на основе значения, как правило, только емкостных характеристик транспортных районов, между которыми определяется соответствующая корреспонденция [3].

Характерной особенностью существующих методов получения матрицы корреспонденций является то, что они основаны на поисках закономерностей в выборе пары «жилье–работа», существование которых основано на законе больших чисел и соблюдение которого возможно только для крупных и крупнейших городов. В малых городах эти закономерности не могут носить устойчивого характера из-за незначительного объема рассматриваемой совокупности и большого количества искомых значений в матрице пассажирских корреспонденций. Кроме того, реализация этих методов в большинстве случаев требует серьезных трудовых и материальных затрат, что является трудно преодолимым препятствием для их реализации в малых городах.

## **Цель и постановка задачи**

Для получения матрицы корреспонденций малых городов необходима разработка специального метода, учитывающего особенности данной группы городов. Первым шагом на пути создания такого метода должен стать поиск закономерностей распределения фактических корреспонденций пассажиров в малых городах, что и является целью данного исследования.

Для достижения поставленной задачи необходимо получить реальную матрицу трудовых корреспонденций малого города в утренний период «пик».

## **Ход решения**

Решение задачи основывается на следующей гипотезе: матрица общегородских корреспонденций в малых городах с достаточной степенью точности отображается матрицей маршрутных корреспонденций пассажиров, или иначе, пересадками пассажиров на маршрутной сети города можно пренебречь.

Для проверки выдвинутой гипотезы было проведено обследование количества пересадок пассажиров на остановочных пунктах города Свердловск Луганской области. Численность населения города составляет 48650 человек, он относится к малым городам, с преимущественно выраженными промышленными функциями. Большинство промышленных предприятий относится к горнодобывающей промышленности. В городе функционирует двенадцать автобусных и микроавтобусных маршрутов, общей протяженностью 106,42 км.

Обследование проводилось только на тех остановочных пунктах, на которых существует возможность и потенциальная целесообразность пересадок между маршрутами.

Анализ существующей транспортной сети города показал, что общее количество остановочных пунктов в городе составляет 62 ед., из них только на четырех имеется возможность осуществления и потенциальная необходимость пересадки на другой маршрут. Это остановочные пункты «Школа – Интернат», «Центральный рынок», «Автовокзал» и «ПКиО». Первый остановочный пункт является крупным центром «спального» района и

был выбран, так как в нем пересекаются трассы 10 маршрутов. Второй и третий остановочные пункты являются крупнейшими центрами тяготения пассажиров города в утренний период «пик» и находятся на пересечении трасс, соответственно, 9 и 10 маршрутов. Четвертый остановочный пункт является конечным пунктом пяти маршрутов, а также с этого остановочного пункта пассажиры имеют возможность продолжить передвижение на другую окраину города.

Обследование количества пересадок пассажиров на остановочных пунктах проводилось в утренний час «пик» (7<sup>00</sup> – 9<sup>00</sup>), в период с 6 по 9 августа 2007 г.

Для проведения обследования был выбран опросный метод, реализация которого, в данном случае, не составляет проблем из-за сравнительно небольших пассажиропотоков малых городов. Для проведения обследования была разработана анкета, в которую учетчик, находясь на остановочном пункте, заносил следующую информацию: пол и возраст респондента, совершающего пересадку, каким маршрутом и с какого остановочного пункта прибыл респондент, куда он направляется. Общие результаты обследования приведены в табл. 1.

Таблица 1 Результаты обследования количества пересадок пассажиров на остановочных пунктах

Название остановочного пункта	Количество вышедших пассажиров	Количество пересевших пассажиров	Доля пересевших пассажиров, %
Центральный рынок	347	5	1,44
Школа – Интернат	256	0	0
Автовокзал	279	3	1,08
ПКиО	13	0	0
Итого	895	8	0,89

Столь малое удельное количество пересадок на обследованных остановочных пунктах свидетельствует о возможности описания потребности населения в передвижениях матрицей маршрутных корреспонденций.

Для получения матрицы маршрутных корреспонденций в малых городах разработан

таблично-визуальный метод обследования пассажиропотоков, который представляет собой модификацию таблично-опросного метода [4], учитывающую малую вместимость транспортных средств, обслуживающих маршруты. Его отличия заключаются в том, что учетчик не опрашивает пассажиров о пункте назначения, а сам определяет место посадки и высадки пассажиров. Основные преимущества этого метода – сравнительная дешевизна, низкая трудоемкость и объективность результатов обследования.

Для проведения обследования была разработана специальная анкета. Для заполнения анкеты учетчик располагается в транспортном средстве. На каждом остановочном пункте для того, чтобы запомнить конкретного человека, учетчик визуально распределяет вошедших пассажиров на возрастные группы и делает символическую запись о виде и цвете верхней одежды в соответствующей графе анкеты. Информацию о месте выхода пассажиров учетчик отмечает во второй таблице анкеты, формируя матрицу корреспонденций за рейс.

Обследование проводилось в утренний час «пик», в рабочие дни, в период с 12 по 19 марта 2007 г.

Объем исследования определялся, исходя из ограничений по времени и трудовым ресурсам, что обеспечило возможность проведения сплошного двукратного обследования пассажиропотоков на маршрутах. В результате обследования было получено 48 анкет (12 маршрутов по два рейса в двух направлениях), количество обследованных пассажиров составило 797 человек, среди них женщин 54%, мужчин 46% (табл. 2).

Таблица 2 Распределение пассажиров по возрастным категориям, %

Возрастная категория	Мужчины	Женщины
До 18 лет	2	5
От 18 до 28 лет	18	23
От 28 до 40 лет	28	29
От 40 до 60 лет	36	30
Более 60 лет	16	13

В дальнейшем эти данные будут использованы для оценки соответствия полученной выборки структуре населения г. Свердловск.

Также были получены данные об объемах перевозок пассажиров по рейсам, крайние значения которых приведены в табл. 3.

Таблица 3 Объемы перевозок пассажиров по рейсам на маршрутах

Номер маршрута	Объемы перевозок, пас.	
	Минимум	Максимум
116	15	20
113	16	21
115	20	25
247	14	15
118	12	17
102	16	20
104	14	24
108	11	13
110	11	18
110А	12	35
110А/1	14	27
121	21	24

Следует отметить незначительную разницу между минимальным и максимальным рейсовыми объемами перевозок для всех маршрутов, кроме №№ 110А и 110А/1. Это свидетельствует о незначительной неравномерности пассажиропотоков по направлениям, что не характерно для утреннего периода «пик» и, возможно, является отличительной чертой малых городов.

Общее количество охваченных обследованием корреспонденций составило 5400 ед., средняя величина корреспонденции равна 0,15 пас., среднее квадратическое отклонение – 0,504 пас. На основании зависимости для определения достаточно большого числа в условиях собственно случайного отбора повторной выборки [5], при доверительной вероятности 95% и предельной ошибке, равной 0,015 пас., необходимая численность выборки составляет 4485 ед. Это свидетельствует о том, что проведенное обследование обеспечивает заданную точность выводов относительно величины корреспонденций на маршрутах.

Основной закономерностью распределения корреспонденций является их зависимость от дальности передвижения. В данном случае исследовалась зависимость количества пассажиров от дальности поездки. Для этого на этапе предварительной обработки были составлены матрицы расстояний между остановками маршрутов и составлен массив фактических дальностей поездок по всему

обследованию. Далее проверялось соответствие фактического распределения дальности поездок шести непрерывным теоретическим законам распределения. Фактическое распределение в наибольшей степени соответствует гамма распределению, однако по критерию Пирсона гипотеза об их соответствии должна быть отклонена (рис. 1).

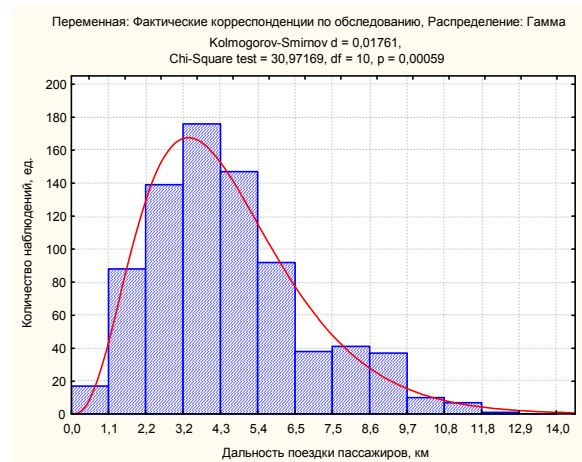


Рис. 1. Подбор вида распределения для общего количества корреспонденций

На следующем этапе проверялось соответствие тем же непрерывным теоретическим законам фактического распределения корреспонденций на маршрутах. Пример распределения дальности поездок пассажиров для маршрута №116 приведен на рис. 2.



Рис. 2. Подбор вида распределения для маршрута 116

В результате проведенного анализа оказалось, что дальность поездки пассажиров по маршрутам может описываться тремя теоретическими законами распределения вероятностей: нормальным, равномерным и гамма. Для большинства маршрутов количество

теоретических законов, для которых критериями Колмогорова-Смирнова и Пирсона не была опровергнута гипотеза об их соответствии результатам обследования составляет 2 ед. Результаты всего анализа приведены в табл. 4.

Таблица 4 Результаты анализа закономерностей распределения дальности поездки пассажиров

Номер маршрута	Вид распределения	
	первое	второе
116	Нормальное	Равномерное
113	Нормальное	Равномерное
115	Нормальное	Гамма
247	–	–
118	Нормальное	–
102	Нормальное	Гамма
104	Нормальное	–
108*	Нормальное	Равномерное
110	Нормальное	Гамма
110А	Нормальное	Гамма
110А/1	Гамма	–
121	Равномерное	Гамма

\* для описания распределения корреспонденций на маршруте №108 подошли все три закона распределения.

Полученные результаты опровергают предположение о возможности использования законов распределения для моделирования матриц корреспонденций на маршрутах.

Помимо этого, второе обследование показало, что пунктами пересадки воспользовался 301 пассажир, что составляет 38% общего объема обследования. С учетом этого доля пересадок в общем количестве трудовых перемещений в городе Свердловск составила 0,34%. Это однозначно свидетельствует о том, что пересадками пассажиров на маршрутной сети города при моделировании потребности населения в трудовых передвижениях можно пренебречь.

### **Выводы**

Существующие методы генерации матрицы городских пассажирских корреспонденций не учитывают специфику малых городов, поэтому для решения задачи определения потребностей населения малых городов в передвижениях требуется разработка нового метода определения корреспонденций.

Результаты анализа количества пересадок на маршрутной сети города Свердловск подтверждают гипотезу о том, что потребности в трудовых перемещениях в малых городах с достаточной степенью точности отображаются матрицей маршрутных корреспонденций пассажиров.

Разработанный метод обследования работы маршрутов позволяет получить объективные значения маршрутных корреспонденций в малых городах.

Результаты анализа свидетельствуют о частном характере полученных закономерностей и нецелесообразности использования законов распределения случайных величин для моделирования маршрутных корреспонденций пассажиров в малых городах.

Предыдущий вывод подтверждает гипотезу об отличительном характере перевозочного процесса в малых городах, вызванном отсутствием устойчивых закономерностей формирования потребностей населения в передвижениях из-за незначительного объема рассматриваемой совокупности пассажиров.

### **Литература**

1. Ковтун В.В., Степаненко А.В. Города Украины: Экономико-географический справочник. – К.: Выща шк., 1990. – 279 с.
2. Грановский Б.И. Моделирование спроса на пассажирские перевозки. – М.: Наука, 1984. – 58 с.
3. Грановский Б.И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах. Автомобильный и городской транспорт. (Итоги науки и техники. ВИНТИ), т. 11. – М.: ВИНТИ, 1986. – С. 67 – 105.
4. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. – Х.: Изд-во «Основа» при Харьк. ун-те., 1992. – 144 с.
5. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе. – М.: Статистика, 1979. – 447 с.

Рецензент: В.П. Волков, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 26 сентября 2007 г.