

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические системы // Под. Ред. И. Г. Старовойта ч.1 Отопление. – М., Стройиздат, 1993. – 896 с.
2. **Креслин, А.И.** Регулирование систем кондиционирования воздуха, М., Стройиздат, 1972. – 206 с.
3. **Рымкевич, А.А.** Математическая модель системы кондиционирования воздуха – Л.: ЛТИХТ, 1979. – 88 с.
4. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.

УДК 656.02

*Лебедева Ольга Анатольевна,*

*к.т.н., доцент кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
тел.: +7(952)6326611, e-mail: kravhome@mail.ru*

## ОБЗОР МЕТОДОВ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ МАТРИЦЫ ПОЕЗДОК

*Lebedeva O.A.*

## OVERVIEW DATA COLLECTION METHODS FOR EVALUATION OF TRIP MATRIX

**Аннотация.** *Управление транспортными потоками на улично-дорожной сети является одним из ключевых направлений транспортно-логистической деятельности, в процесс которого вовлечены различные предприятия, сторонние компании и контролирующие органы. От качества и четкости организации транспортно-логистического процесса, напрямую зависит безопасность движения и регулярность поездок. В условиях конкурентной борьбы оценка достоинств и недостатков существующих методов сбора данных становится значительным преимуществом, позволяющим применять те методы, которые позволяют нам достигнуть поставленных целей. Для решения поставленной задачи предлагается совместно и последовательно использовать методы восстановления матрицы корреспонденций в рамках технологического процесса работы транспортно-логистических узлов. По результатам проведенного анализа разработаны конкретные предложения, внедрение которых позволит повысить эффективность процесса перевозки на основе технически грамотной разработки и внедрения методики оценки транспортного спроса.*

**Ключевые слова:** *улично-дорожная сеть, методы, матрица корреспонденций.*

**Abstract.** *Traffic flow management on the road network is one of the key areas of transport and logistics activities, which involves various enterprises, third-party companies and regulatory authorities. Traffic safety and regularity of trips directly depend on the quality and clarity of the organization of the transport and logistics process. In a competitive environment, assessing the strengths and weaknesses of existing data collection methods becomes a significant advantage, allowing us to apply those methods that allow us to achieve our goals. To solve this problem, it is proposed to jointly and consistently use methods for restoring the correspondence matrix within the framework of the technological process of transport and logistics hubs. Based on the results of the analysis, specific proposals have been developed, the implementation of which will improve the efficiency of the transportation process based on the technically competent development and implementation of a methodology for assessing transport demand.*

**Key words:** *road network, methods, correspondence matrix.*

Существует множество транспортных задач, решение которых требует определения схемы пространственного перемещения в исследуемой области. Наиболее распространенное представление модели пространственного перемещения осуществляется с помощью матриц поездок, и их использова-

ние варьируется от крупномасштабного моделирования транспортных систем до изучения схем управления дорожным движением. Для решения таких задач было использовано множество методов оценки матриц корреспонденций. Выполним краткий обзор традиционных методов и попытаемся опре-

делить их сильные и слабые стороны. Рассмотрим три группы методов: прямые методы – опросы на улично-дорожной сети, в которых используется прямое измерение матриц поездок; «косвенные» или синтетические методы, такие как модель распределения, которые используют другие данные для восстановления матрицы; гибридные методы, которые объединяют оба подхода. Большинство этих методов были разработаны для получения нескольких типов информации о поездках в районе исследования. Опросы используются для предоставления информации о частоте поездок и целях, распределении продолжительности поездки, выборе способа в дополнение к оценочной матрице поездки. Больше внимания в этом исследовании уделим методам, специально разработанным для оценки матриц корреспонденций [1-3].

**Прямые методы.** Опрос на предприятиях – используется в традиционных исследованиях транспортного планирования для крупных городов, агломераций, регионов. Дорогостоящий метод, обычно организованный с участием большого числа сотрудников, в исследуемом районе. Собранные таким образом данные охватывают широкий круг переменных, однако большое внимание уделяется информации о месте отправления и назначения поездок. Из-за больших затрат на сбор и обработку данных обследуется только определенная выборка. Частота выборки обычно колеблется от одного до десяти процентов, но может достигать двадцати процентов. Под коэффициентом выборки понимается отношение между количеством обследованных единиц или элементов и общим (максимальным) числом, которое могло быть проанализировано с использованием рассматриваемого метода. 10-процентная выборка представляет собой один опрос на каждом из десяти предприятий. Поскольку собирается разнородная информация, частота выборки представляет собой компромисс между целями и затратами на обследование.

**Опросы на улично-дорожной сети.** Этот метод требует остановки автомобиля и опроса водителя относительно отправления и назначения, а также данных о поездке. Эти опросы обычно проводятся на улично-дорожной сети в оцеплении. Практические соображения ограничивают количество мест, на которых эти исследования могут

быть проведены. Количество останавливаемых транспортных средств и продолжительность опроса также ограничиваются соображениями безопасности и неудобства для участников дорожного движения. Частоты выборки от 0,1 до 0,4 кажутся типичными для городских районов. Опросы в транспортных средствах на крупных развязках являются аналогичными методами.

**Анкетирование.** Менее затратным методом является использование методов анкетирования. В этом случае человек заполняет простую анкету без присутствия интервьюера, и форма либо забирается позже, либо возвращается по почте (интернету). Качество анкетирования достаточно низкое, поскольку трудно поддается контролю.

**Методы маркировки.** К ним относятся разнообразные методики, основанные на однозначном определении точек въезда и выезда (а иногда и промежуточных) случайно выбранных транспортных средств в исследуемой территории. Методы требуют наличия учетчиков (наблюдателей), расположенных в ключевых точках, и маркер для идентификации транспортных средств. Чаще вместо маркера используется регистрационный номер. Выделяют компьютерные и ручные методы анализа экспериментов для создания матрицы маршрутов. Существует вариант, основанный на том, что водителей просят в точке въезда на небольшую изучаемую территорию включить фары на фиксированный период времени. Затем учетчики в ключевых точках записывают количество транспортных средств с включенными фарами за заданные промежутки времени. Затем процесс повторяется для разных точек входа в последующие дни. Метод можно использовать только при дневном свете и на небольших площадях исследования.

**Метод слежения за транспортным средством.** Этот метод требует, чтобы наблюдатели следовали за транспортными средствами через изучаемую территорию, записывая их прохождение через ключевые точки сети. Этот метод кажется более подходящим для выбора маршрута, чем исследование пунктов отправления и назначения. Считается выгодным для применения только в загруженных центральных районах.

**Аэрофотосъемка.** Метод основан на покadroвой аэрофотосъемке изучаемой территории со стационарного вертолета, зависшего (в идеале) на фиксированной высоте.

Этап сбора данных довольно быстрый и недорогой по сравнению с альтернативными методами, но сложность состоит в обработке данных. Требуется слежение за отдельными транспортными средствами с помощью наблюдателя и оцифровывающего оборудования. Его преимущество заключается в том, что контроль качества осуществляется легко и данные могут быть использованы для других целей исследовательских проектов. Этот метод является наиболее актуальным в настоящее время ввиду развития автоматической идентификации транспортных средств. Используя этот метод, можно получить 100-процентный коэффициент выборки за период обследования, но практические соображения ограничиваются значениями, аналогичными придорожным опросам [4-6].

Все описанные методы довольно дорогостоящие относительно рабочей силы/процесса обработки. При проведении опроса допускаются ошибки в отчетах, среди которых пропуск промежуточных пунктов в пути является наиболее часто встречающейся ошибкой, и может быть значительным препятствием в исследованиях ОД. Идентификация регистрационных номеров привлекательна из-за характера обследования, но требует как большого количества наблюдателей, так и усилий по обработке и чувствительна к ошибкам. Разновидность метода идентификации регистрационных номеров включает запись номерных знаков в промежуточных пунктах, что дает данные для выбора маршрута и целей поездки. Этот вариант предоставляет более качественную информацию при высоких стоимостных затратах на проведение обследований. Все методы подразумевают выборку и, как таковые, могут обеспечить только временную матрицу поездок за период обследования. Даже если для заданного периода времени достигается 100-процентный коэффициент выборки (при аэрофотосъемке), остается задача оценки того, насколько близка эта матрица к интересующей нас матрице поездок.

Косвенные и гибридные методы. Используются для оценки ОД матрицы с помощью модели распределения поездок. В рамках данной работы не входит детальное описание широкого спектра моделей и практик, используемых для достижения этой цели. Основные альтернативы в этой группе методов:

- калибровать и использовать обычную модель распределения как часть более крупного модельного исследования (часто выбирают гравитационную модель);
- использовать модель распределения поездок с параметрами, «заимствованными» из других исследований;
- откалибровать «специальную» гравитационную модель с использованием метода частичных матриц.

Гибридные методы сочетают прямую технологию с одним из упомянутых выше вариантов.

Традиционные модели распределения. Транспортные модели обычно структурированы как последовательность подмоделей, а именно:

- генерация поездок, то есть моделирование количества поездок, генерируемых каждой зоной;
- распределение поездок, синтез количества поездок между каждым пунктом отправления и пунктом назначения;
- модальное сплит моделирование интенсивности движения;
- распределение потока при моделировании выбора маршрута.

Подмоделью является модель распределения, и на этом этапе обычно выбирают гравитационную. Этот выбор сразу ограничивает функциональную форму модели. Часто выбор останавливается на следующем варианте:

$$T_{ij} = O_i D_j A_i B_j f(c_{ij}) \quad (1)$$

где  $O_i$  и  $D_j$  – общее количество сгенерированных поездок, привлеченных к зонам  $i$  и  $j$ .

Балансирующие коэффициенты  $A_i$  и  $B_j$  рассчитываются как:

$$A_i = \frac{1}{\sum_j D_j B_j f(c_{ij})}, B_j = \frac{1}{\sum_i O_i A_i f(c_{ij})},$$

где  $f(c_{ij})$  – функция сдерживания или мера разделения с одним параметром для калибровки.

Выбор:  $f(c_{ij}) = e^{-Bc_{ij}}$  с одним параметром  $B$ . Параметры  $f(c_{ij})$  калибруются таким образом, чтобы модель давала распределение длины поездки, максимально близкое к полученному по данным замеров. Параметры  $f(c_{ij})$  специфичны для каждой изучаемой области. Использование этого подхода требует: данных об окончании поездки  $O_i$  и  $D_j$  и распределении ее продолжи-

тельности; предположение о том, что гравитационная модель работает адекватно.

Следует отметить, что эта модель будет производить ненулевое количество поездок в каждой ячейке, хотя некоторые из них будут содержать очень небольшое число и действительно могут быть округлены до нуля в некоторых компьютерных пакетах [2].

Можно использовать более крупную матрицу маршрутов, полученную традиционным методом для широкой области, и уменьшить ее, сделав применимой к исследуемой территории меньшего размера. Область исследования и исходная матрица OD назначается сетью. Точки, в которых эти назначенные поездки пересекают кордон, считаются генераторами редуцированной матрицы. Зоны внутри исследуемой территории обычно сохраняются. Многие пакеты исследования транспортных потоков имеют возможности для такого ограничения матрицы поездок. Значение результирующей подматрицы зависит от качества большой матрицы OD, используемой модели назначения и методики кордонирования.

Модели распределения с «заимствованными» параметрами представляют собой практику, применяемую для небольших городских районов. Обычные модели распределения требуют сбора большого количества данных, и самый короткий путь – использовать параметры, откалиброванные для других областей: синтетические коэффициенты окончания поездки и эмпирические правила заимствования значений для параметра  $B$  или его эквивалента. В настоящее время эти методы становятся совершеннее теряя некоторые из своих преимуществ простоты.

Методы частичной матрицы. Методы неполных матриц были разработаны для синтеза с неполными данными. Цель методов откалибровать вариант гравитационной модели в уравнении, используя только частичную информацию о концах и длинах пути, полученную с помощью методов опроса. Метод привлекателен стоимостью обследования, но сложность применения связана с ошибками и выбором моделей.

Комбинированные методы. Были предложены комбинации прямых и косвенных методов, чтобы уменьшить разрежен-

ность матрицы пути, полученной из прямых наблюдений. При восстановлении матрицы многие пары OD невозможно определить, вследствие чего ячейки матрицы не были заполнены. Данные для заполнения пустых ячеек возможно получить из простой гравитационной модели. В результате восстановленная OD матрица «базового года» может применяться для краткосрочного анализа задач и альтернативных решений. Этот подход выбирается в том случае, если исследование имеет достаточную выборку для предоставления данных калибровки модели распределения. Он заключается в применении поправочных коэффициентов к матрице OD, чтобы при назначении были воспроизведены наблюдаемые потоки, пересекающие линию зоны.

Несмотря на разнообразие методов получения матрицы поездки, уровень их далек от удовлетворительного. Трудоемкий процесс обработки данных, выборки и проверки связан с использованием большинства традиционных методов. Поэтому многие схемы управления транспортным потоком разрабатываются без обращения к матрице OD. Идея разработки методов синтеза матричной информации о поездках из более доступных и менее дорогих данных кажется многообещающей.

Программные пакеты для регулярного подсчета интенсивности движения, работающие в режиме реального времени, используются при проведении дорожных работ и технического обслуживания, перепроектировании развязок и мониторинга уровня транспортного потока в целом. Эти данные дают возможность создать обширную и недорогую базу данных, которая не всегда используется в полной мере. Особенно привлекательной представляется возможность использования этих относительно недорогих данных для синтеза матриц маршрутов отправления и назначения.

Таким образом, согласно обзору методов сбора данных для восстановления матрицы поездок в качестве оптимального варианта следует рекомендовать использовать все возможные данные для полной и качественной оценки, что позволит совершенствовать процесс прогнозирования работы автомобильного транспорта.