

Лебедева Ольга Анатольевна,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: kravhome@mail.ru

МЕТОДОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАТРИЦ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Lebedeva O.A.

METHODOLOGY FOR RECOVERY OF CORRESPONDENCE MATRICES TAKING INTO ACCOUNT TRANSPORT FLOW RESTRICTIONS

Аннотация. Модели прогнозирования спроса на поездки – ключевой инструмент анализа, используемый при планировании работы транспортной сети и развитии инфраструктурных объектов. Актуальные исследования в рамках этой тематики направлены на сокращение времени и минимизацию затрат, связанных с разработкой модели прогнозирования спроса на поездки. В исследовании оценивается возможность восстановления точной матрицы корреспонденций на основе перегруженной сети, в котором учитываются базовая / исходная матрицы, транспортный поток и их влияние на качество сгенерированной матрицы. Посредством оценки определен допустимый процент отклонения восстановленных транспортных потоков, необходимый для разработки статистически значимой матрицы корреспонденций.

Ключевые слова: оценка точности, матрица корреспонденций, транспортное планирование.

Abstract. Travel demand forecasting models are a key analysis tool used in planning the operation of the transport network and the development of infrastructure facilities. Relevant research within this topic is aimed at reducing the time and minimizing costs associated with developing a forecasting model for travel demand. The study evaluates the possibility of recovering an exact correspondence matrix based on an overloaded network, which takes into account the base / original matrix, traffic flow and their impact on the quality of the generated matrix. By means of the assessment, the admissible percentage of deviation of the restored traffic flows, necessary for the development of a statistically significant correspondence matrix, has been determined.

Keywords: accuracy assessment, correspondence matrix, transport planning.

Модели прогнозирования спроса на поездки являются ключевым инструментом анализа планирования перевозок с учетом реального объема транспортного потока, прогнозирования уровня автомобилизации и оценки эффективности работы транспортной сети [1]. Финансовые и временные затраты, необходимые для сбора данных и разработки модели, приводят к отсутствию в моделях этапа прогнозирования, поэтому поиск вариантов минимизации затрат является одной из актуальных задач в рамках моделирования транспортных потоков.

Целью данного исследования является определение допустимого процента отклонения при восстановлении транспортных потоков, необходимого для разработки статистически значимой матрицы корреспонденций посредством процедуры оценки. Расчетная матрица может использоваться в качестве исходных данных и параметров модели спроса на поездки, уменьшая стоимость обследований.

Изучая исследования по данной тематике, были отмечены наиболее часто применяемые варианты. В условиях перегрузки улично-дорожной сети используются маршруты, отличные от кратчайшего пути. Чтобы решить эту задачу, связанную со временем в пути, используется итеративный подход. Одним из способов является использование равновесного подхода в транспортных потоках, которое включает функцию стоимости проезда по маршруту в сети как способ минимизировать транспортные расходы. Эти модели работают в небольших сетях.

Существует вариант оценки количества поездок между парами матрицы корреспонденций в небольшой транспортной сети с использованием центроид, и оценке подсчитанных транспортных потоков. Оценка матрицы корреспонденций может быть проведена с использованием методов максимального правдоподобия, обобщенных наименьших квадратов или байесовского подхода [1]. Используемые подходы чувствительны к вариациям и точности подсчета транспортных потоков и матрицы корреспонденций. Процедура оценки матрицы – это итеративный (двухуровневый) процесс, который происходит в два этапа: назначения транспортного потока и матричной оценки до тех пор, пока не будет достигнута сходимость. Матрицы обновляются путем сравнения рассчитанных и наблюдаемых потоков с использованием коэффициента обновления в качестве отношения наблюдаемых к назначенным потокам для каждой пары корреспонденций. Процедура требует начальной оценки матрицы корреспонденций, которая может быть априорной (основанной на измерениях обследования), или синтетически сгенерирована (из модели распределения поездок с двойными ограничениями).

Основное внимание в этом исследовании уделяется использованию ограниченных данных, методологии и количеству транспортных потоков, необходимых для построения статистически значимой матрицы корреспонденций.

Для достижения целей данного исследования методология разделена на шесть этапов [2].

Первый этап — это сбор данных, включая характеристики улично-дорожной сети и данные о транспортных потоках за базовый год. Подсчет рекомендуется проводить для пиковой нагрузки на сети.

Второй этап — построение сети и ввод данных. Включает аэрофотосъемку с привязкой к местности и оцифровку. Система зонирования очень важна для оценки матрицы корреспонденций и распределения транспортных потоков с учетом характеристик землепользования города.

Третий этап — матричная оценка базового года. Преимущества модели - обработка стохастических переменных любым методом. Модель представляет собой итеративный (или двухуровневый) процесс, который состоит из определения транспортного потока на участке улично-дорожной сети и матричной оценки. Для процедуры оценки матрицы корреспонденций подготавливаются

базовая матрица и данные геолокации (транспортная сеть) и географические области с созданными соединениями зон центроидами. В случае отсутствия исходной матрицы, в качестве начальной выступает единичная матрица. Базовая матрица корреспонденций позволяет достичь две цели: установление размеров выходной матрицы и предоставление начальных значений для оценки.

Четвертый этап – калибровка модели для обеспечения четкого представления транспортной сети. Цель состоит в оценке матрицы корреспонденций, и ее приведение к «реальному виду». Калибровка модели проводится путем корректировки местоположения соединений зон, местоположения центроид. Реально измеренный и моделируемый на перекрестках транспортный поток должны быть близки друг к другу. Допустимой разницей реального и восстановленного транспортного потока считается величина в 10%.

Пятый этап - это оценка матрицы корреспонденций. Для этого рекомендуется использовать метод равномерного роста коэффициента путем умножения всех пар корреспонденций на такое же количество, как показано в уравнении (1) [1, 2]:

$$T_{ijf} = T_{ijp} \times M_{pf} \quad (1)$$

где T_{ijf} – поездки корреспондирующих пар в будущем году f ; T_{ijp} – поездки для пары O-D ij в текущем году p ; M_{pf} – ожидаемый рост поездок в период с f по p .

Когда информация об ожидаемом росте поездок, совершаемых в каждой зоне, доступна, можно использовать метод ограниченного фактора роста. Это умножение различных коэффициентов роста на разные строки (или столбцы) матрицы корреспонденций. Факторы роста могут быть определены на основе землепользования или социально-экономических данных. Из-за их небольшого объема прогнозирование основано на методе единых рядных факторов. Оценки темпов роста количества транспортных средств в течение прогнозируемого периода используются для разработки матрицы. Они вводятся в процесс моделирования в качестве значений, по которым факторизуется существующая матрица поездок транспортных средств за базовый год.

Шестой этап – оценка сети. Известны три показателя производительности сети. Первый – это сумма времени в пути, потраченное всеми транспортными средствами в сети. Второй – сумма общего расстояния, пройденного всеми транспортными средствами в сети за один час. Эти две меры могут использоваться при оценке и сравнении различных вариантов, где лучший должен иметь наименьшие значения. Третьим показателем производительности является соотношение объема к емкости, которое является показателем уровня обслуживания в сети.

На основании результатов проведенных исследований в г. Ангарске было замечено, что пиковые часы приходятся на промежуток – с 7:30 до 9:00; таким образом, этот период необходимо использовать для анализа. Результаты анализа данных и пространственных карт ГИС показывают, что наиболее загру-

женным районами являются Ленинградский проспект, ул. Декабристов, ул. Социалистическая, ул. Карла Маркса. Следовательно, этим зонам необходимо уделить особое внимание [3, 4].

Калибровка построения сети и оценка транспортного потока показывает хорошие результаты. Разница потоков для прямого и противоположного направлений составляет 8,15% и 4,32% соответственно; которые приемлемы, поскольку они не превышают 10%. Результаты оценки показывают, что в 2021 году улично-дорожная сеть является более загруженной. В целом, результаты этой работы могут быть использованы при планировании работы транспортного сектора для тестирования вариантов оптимизации и изучения характеристик сети.

Сбор исходных данных требуется проводить в вечерний и дневной часы пик, а матрицы распределения транспортного потока необходимо регулярно обновлять на основе актуальных исходных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khan T., Anderson M. Accurately Estimating Origin/Destination Matrices in Situations with Limited Traffic Counts: Case Study Huntsville, AL International Journal of Traffic and Transportation Engineering, 5(3): pp. 64-72, 2016.

2. Almasri E., Al-Jazzar M. TransCAD and GIS technique for estimating traffic demand and its application in Gaza City // Open Journal of Civil Engineering, vol. 3, pp. 242-250, 2013.

3. Лебедева О.А., Антонов Д.В. Моделирование грузовых матриц корреспонденций гравитационным и энтропийным методами // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. №5 (100). С.118-122.

4. Лебедева О.А. Математические модели оценки матрицы корреспонденций на основе данных детектора «вход – выход» подвижного состава городского пассажирского транспорта / О.А. Лебедева // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 2(61). – С. 66–68.