

УДК 656.021
СУЛЕЙМЕНОВА Л.К.
ЯВОРСКИЙ В.В.

Задачи формирования моделей определения и реализации транспортной потребности населения города

Городской пассажирский транспорт (ГПТ) является сложной системой массового обслуживания, поэтому параметры обслуживания зависят от потока «заявок на обслуживание». С этой точки зрения правильность решения всего комплекса задач транспортного планирования определяется тем, насколько точно определены транспортные потребности. В самом общем виде решение задач транспортного планирования - это определение таких параметров транспортной системы, которые наилучшим образом соответствуют потребностям в передвижениях.

Для решения задач, связанных с планированием инфраструктуры транспорта (определение видов пассажирского транспорта и распределение сфер перевозок по видам транспорта, мощности производственно-технической базы транспорта, достаточной для нормативного уровня обслуживания населения и т.п.), необходимы данные о транспортных потребностях. Данную информацию лучше всего хранить в виде матрицы корреспонденций населения между транспортными районами (ТР) города. Такие матрицы содержат информацию о количестве передвижений за некоторый период времени. Наиболее надежна суточная матрица корреспонденций, в которой представлена суточная интенсивность потоков. Для этой матрицы должно выполняться следующее соотношение – сумма элементов матрицы корреспонденций равна числу находящегося в городе населения NN , умноженному на среднесуточную подвижность p :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_{ij} = p \cdot NN. \quad (1)$$

Суточная матрица корреспонденций не дает ин-

формации о колебаниях пассажиропотоков в течение суток. Для планирования инфраструктуры большое значение имеет наличие информации об интенсивности передвижений в городе в часы пик. Такую информацию может отражать матрица интенсивности корреспонденций за один час, наиболее характерный для рассматриваемого периода.

При текущем планировании транспортной системы необходимо иметь возможность анализировать варианты изменения отдельных маршрутов, определять распределение подвижного состава по маршрутам с учетом колебаний спроса в перевозках во времени. Очевидно, что степень детальности описания транспортных потребностей в задачах данного класса должна быть значительно выше [1]. На данной стадии планирования должна производиться привязка перспективного проекта транспортной системы к конкретным условиям, сложившимся в результате функционирования города.

Основным видом представления данных для решения задач модификации маршрутов ГПТ остается матрица корреспонденций. Однако она в данном случае отражает реальные пассажиропотоки, а детальность деления города на ТР должна быть такой, чтобы фактически выполнялось соответствие: транспортный район – остановка маршрута.

Определение пассажиропотоков на маршрутах позволяет объективно рассчитать такие важнейшие показатели работы транспорта, как объем перевозок, доход, коэффициент использования вместимости подвижного состава и ряд других. Поэтому пассажиропотоки на маршрутах в крупных городах достаточно регулярно обследуют. Существуют также средства и

методы автоматизированного измерения пассажиропотоков.

Матрицы потенциальных передвижений между ТР города получают путем обследования различных структур передвижения населения. Основными при этом принято считать трудовые передвижения. Формирование нетрудовой (культурно-бытовой, рекреационной и т.д.) составляющей матрицы корреспонденций – более сложная задача, чем получение трудовых корреспонденций.

Очевидна взаимосвязь матриц корреспонденций реальных пассажиропотоков на маршрутах с матрицей корреспонденций передвижений между районами города. Можно поставить и обратную задачу определения потенциальной матрицы по данным обследования пассажиропотоков.

Качественно новым этапом решения указанных проблем является создание экспертных систем служб движения городского пассажирского транспорта. Назначением таких систем является обеспечение процессов управления ГПТ действенным инструментарием для исследования уровня транспортного обслуживания. Информационное обеспечение таких систем должно быть ориентировано на систематический сбор информации о состоянии транспортной системы и протекающих в ней процессах. Это может быть реализовано в рамках информационно-вычислительной сети, обеспеченной контроллерами и вычислительной техникой на маршрутах ГПТ, в диспетчерских службах и на транспортных предприятиях.

Анализ функционирования маршрутов должен информационно обеспечиваться данными о паспортах маршрутов, наличии и функционировании транспортных единиц, регулярности движения, взаимосвязанном функционировании маршрутов.

В настоящее время наиболее точным методом измерения пассажиропотоков на маршрутах являются талонные обследования. При таком обследовании пассажиру при входе в транспортную единицу вручают специальный талон, в котором закодированы остановки маршрута и предварительно отмечена остановка посадки. При высадке пассажир сдает талон учетчику, который отмечает остановку высадки. Коды с талонов заносятся в базу данных, после чего производится сортировка и обработка полученной информации. Обработка результатов талонного обследования позволяет получить наиболее детальную информацию о пассажиропотоках на маршрутах в виде матриц корреспонденций $X^k(t) = \|x_{\xi\eta}^k(t)\|$.

Достаточно распространены и другие виды обследований, например, таблично-опросное, табличное и визуальное. При таблично-опросном методе учетчики заполняют специальные таблицы, выясняя у пассажиров при входе в транспортную единицу маршрут следования. При табличном обследовании фиксируются количество входящих и выходящих пассажиров на остановках маршрута, а также текущее время. При визуальном обследовании приближенно фиксируется процент заполнения транспортных единиц на перегонах маршрута, что позволяет рассчитать пассажиропотоки на соответствующих перегонах.

Табличное обследование менее трудоемко по сравнению с талонным, однако оно дает менее детальные данные [1]. Таблично-опросный метод по точности получаемых результатов, а также по трудоемкости обработки соответствует талонному обследованию.

Обработка материалов табличного обследования пассажиропотока предполагает в качестве своей первой задачи определение почасовых интенсивностей посадки и высадки пассажиров для остановок маршрута. На вход данного элемента по каждому рейсу транспортной единицы поступает информация о количестве вошедших и вышедших пассажиров на каждой остановке и данные о времени совершения рейса. Далее рассчитывается загрузка перегонов маршрута. При этом определяются интенсивности пассажиропотока по каждому интервалу времени между парами соседних остановок. Затем рассчитываются сводные характеристики пассажиропотока на маршруте: объем перевозок на маршруте, средняя дальность поездки на маршруте, распределение объемов перевозок в течение суток, коэффициенты неравномерности пассажиропотоков по часам суток и направлениям и т.п.

В случае если имеются данные о вероятностном распределении дальности поездки на маршруте, можно рассчитать вероятности поездки между остановками маршрута $P_{\xi\eta}^k$. Эти данные наряду с информацией об интенсивности входящих $X_{1\xi}^k$ и выходящих $X_{2\xi}^k$ пассажиров на остановках позволяют рассчитать матрицы корреспонденций:

$$X^k(t) = \|x_{\xi\eta}^k(t)\|, \quad (2)$$

где $x_{\xi\eta}^k(t)$ – количество пассажиров, желающих за определенный период времени t проехать с остановки ξ на остановку η k -го маршрута. Основным источником исходных данных для определения интенсивностей передвижения жителей между транспортными районами города до недавнего времени являлись материалы обследований подвижности населения, расселения трудящихся относительно мест приложения труда, по наличию и использованию культурно-бытовых предприятий и т.д. Такие обследования проводили специализированные организации. Эти организации, как правило, являлись ответственными за проектирование транспортной инфраструктуры города. В настоящее время большинства таких организаций не существует, нет и средств на проведение подобных обследований.

Тем не менее, значение информации о подвижности населения по мере развития городов постоянно возрастает. Обычно под определением и анализом подвижности населения понимают установление параметров, характеризующих передвижение жителей за выбранный период времени, с детализацией: по целям передвижения, затратам времени, направлениям, социально-возрастному составу и образовательному уровню жителей, районам города. Важнейшими из этих параметров являются величины подвижности населения, коэффициента пользования транспортом, структуры передвижений по циклам, зависимости количества передвижений от затрат времени и т.п.

В различных условиях, главным образом в зависимости от группы населенности города и объема имеющихся данных, для прогнозирования пассажироперевозок в настоящее время используют три группы математических моделей: детерминированные, рассматривающие передвижения в виде однозначной функции определяющих факторов (гравитационная, электростатической аналогии и др.); вероятностные, рассматривающие передвижения в виде стохастических (случайных) величин, подчиняющихся статистическим закономерностям (модели множественной корреляции, имитационные и др.), и эвристические, определяющие динамику роста объемов передвижений на основе эвристического прогнозирования (методы динамических рядов, коэффициентов роста). Имеется также ряд комбинированных моделей, характеризующихся признаками детерминированных и эвристических, вероятностных и эвристических и т. д.

В зависимости от методики получения исходных данных и применения выводов модели прогнозирования пассажироперевозок делят на два класса: аналоговые (экстраполяционные) и синтетические (имитационные). Аналоговые модели не вскрывают причинной сущности образования пассажирских связей в городе, но исходят из предположения, что перспективная картина движения в нем будет аналогична существующей, но размеры движения изменятся в соответствии с некоторыми «факторами роста», «коэффициентами роста», величину которых устанавливают экстраполяцией на расчетный период данных натурных обследований. Синтетические методы не требуют анализа существующего состояния пассажироперевозок, их применяяют при проектировании транспортных систем новых городов. Особенность этих методов состоит в том, что они моделируют сам процесс формирования пассажирских связей в заданных планировочных и транспортных условиях.

В основе всех современных имитационных (синтетических) моделей прогнозирования пассажироперевозок лежит расчет корреспонденций между отдельными зонами i и j города – транспортными районами. В широко применяемой гравитационной модели количество корреспонденций между зонами i и j (из i в j)

$$\lambda_{ij} = \frac{k h_i^\alpha h_j^\beta}{R_{ij}^\gamma}, \quad (3)$$

где k – масштабный коэффициент;

h_i и h_j – емкости взаимодействующих транспортных районов (их общая населенность или количество населения соответствующих социальных групп – рабочих и служащих, учащихся, самодостаточного населения);

R_{ij} – «функция сопротивления» транспортной связи районов i и j (расстояние, трудность сообщения, стоимость проезда либо комбинация этих показателей. Обычно под функцией сопротивления

понимают трудность сообщения между транспортными районами);

α, β, γ – эмпирические коэффициенты, устанавливаемые на основе натурных транспортных обследований.

В вероятностных моделях корреспонденции между транспортными районами i и j

$$\lambda_{ij} = h_i h_j P_{ij}, \quad (4)$$

где h_i и h_j – емкости взаимодействующих транспортных районов по отправлениям и прибытиям; P_{ij} – вероятность того, что передвижение закончится в зоне j , т. е. количественная оценка «притягательности» зоны j для поездок, зарождающихся в районе i . Различные вероятностные модели отличаются методикой определения P_{ij} .

Одним из основных параметров, определяющих объем передвижений расселения между пунктами транспортного тяготения, являются затраты транспортного времени – трудность сообщения. Вместе с тем она может быть определена только при заданной ТС, известной маршрутной системе и различна при использовании разных видов транспорта. В конечном счете транспортная система будет влиять на размещение населения по территории города. Следовательно, вариант размещения населения и транспортной системы, удовлетворяющий тому уровню их динамического равновесия, который будет характерен для рассматриваемого расчетного периода, можно получить только методом последовательных приближений.

Таким образом, принципиальная ограниченность современных математических моделей прогнозирования пассажироперевозок состоит в том, что ни одна из них не обеспечивает однозначного выбора оптимальной транспортной системы и все они потенциально опираются на существующие виды транспорта. В настоящее время ведутся непрерывные поиски в этом направлении, разрабатываются новые варианты вероятностных и динамических моделей, накапливается статистический материал о причинно-следственных связях пассажироперевозок с определяющими их факторами.

Для хранения данных о транспортной потребности предлагается использовать матрицы корреспонденций населения между транспортными районами города. Очевидна взаимосвязь матриц корреспонденций реальных пассажиропотоков на маршрутах с матрицей корреспонденций передвижений между районами города. Для проведения обследования пассажиропотоков рекомендуется использовать талонный метод как один из наиболее точных. Применение современных информационных технологий обработки данных для формирования матрицы корреспонденций и обработки результатов обследования позволит оперативно и точно определять транспортные потребности населения и прогнозировать развитие транспортной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яворский В.В., Сулейменова Л.К. Методика получения данных о транспортной потребности населения города // Вопросы планировки и застройки городов. Пенза, 1989. С. 10-12.