

УДК 656

Е.Б. ПОГРЕБНЯК, Н.И. САМОЙЛЕНКО, д-р техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ МАТРИЦЫ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ГОРОДА

Рассматриваются вопросы формирования матрицы корреспонденций транспортных потоков городской пассажирской сети.

Формирование матрицы корреспонденций является центральной и наиболее сложной задачей, с математической точки зрения, во всех исследованиях, связанных с существенными структурными или параметрическими изменениями транспортных потоков городской сети. Это могут быть различные перемещения пассажиров или транспорта между любыми парами корреспондирующих пунктов транспортной сети с различными целями. При всем многообразии подходов к формированию таких матриц довольно четко прослеживается разделение их на два больших класса [1, 2]: экстраполяционные и вероятностные.

Экстраполяционные методы формирования матрицы корреспонденций основаны на использовании данных обследования существующего состояния распределения потоков пассажиров и транспорта между корреспондирующими районами с применением для прогнозирующих расчетов пропорциональных коэффициентов роста. Существуют следующие основные методы этого класса:

- метод единственного коэффициента роста;
- метод средних коэффициентов роста;
- детройтский метод;
- метод Фрагара.

В методе единственного коэффициента роста [5] в качестве исходной информации используются фактические величины корреспонденций между транспортными районами города и прогноз их роста. Но, в связи с тем, что он не учитывает динамику соотношений между отдельными параметрами города, и соответственно, приводит к грубым ошибкам, на практике он используется довольно редко. В основном – только лишь для приближенных оценок возможных транспортных потоков в условиях проектирования отдельных элементов города на ближайшую перспективу.

Метод средних коэффициентов роста [3], как и предыдущий, основывается на материалах обследования существующих корреспонденций между районами. Для расчетов используются средние коэффициенты роста для каждого из транспортных районов, которые рассчитываются на основании фактического и прогнозируемого потоков для

этих районов. Хотя средние коэффициенты роста и учитывают различные темпы развития тех или иных районов города, однако, при значительном росте подвижности населения, появлении новых жилых массивов или крупных промышленных зон, этот метод приводит к большим погрешностям, а потому в проектной практике почти не применяется.

Детройтский метод [4], впервые примененный при проектировании системы магистралей Детройта в 1953 г., в отличие от метода средних коэффициентов, помимо коэффициентов роста отдельных районов учитывает также и коэффициент роста для всего города. Он не сложен для расчетов, но позволяет получить более высокую точность прогноза, чем в предыдущем методе. Однако и он имеет некоторые недостатки. В частности, такой прогноз может значительно отличаться от окончательных корреспонденций. И это отличие будет тем больше, чем больше отличаются темпы роста отдельного района от города в целом.

Метод Фратара [4] был разработан в начале 50-х годов прошлого столетия в США профессором Томасом Дж. Фратаром. В нем используется итерационный процесс приближения к окончательному решению. Причем результаты расчета каждого промежуточного шага являются исходными данными для последующего. Этот процесс ведется до тех пор, пока не будет достигнуто равенство между заранее определенной величиной транспортного оборота района и суммой корреспонденций, полученной в результате расчета для этого района. Метод Фратара получил наибольшее распространение среди всех экстраполяционных методов формирования матрицы корреспонденций. Трудоемкие расчеты, предусмотренные этим методом, выполняются, как правило, при помощи компьютера.

В практике транспортного моделирования и планирования экстраполяционные методы широкого распространения не получили. Это связано с тем, что для проведения расчетов необходимо иметь информацию о фактических корреспонденциях между транспортными районами города. Получение же реальных данных о таких корреспонденциях является чрезвычайно трудоемкой, а часто и невыполнимой, задачей. К тому же эти методы не совсем адекватно учитывают динамику развития структуры города, что особенно важно при строительстве скоростных линий общественного транспорта или скоростных магистралей. Экстраполяционные методы, в основном, используются при низких темпах роста городов и небольших сроках прогноза – не более 5-7 лет.

Вероятностные методы формирования матрицы корреспонден-

ций, называемые часто также синтетическими, получили наибольшее распространение в перспективном планировании развития транспорта. Корреспонденции в этом случае определяются на основании эмпирических или теоретических зависимостей двух районов от численности их населения, количества мест приложения труда, условий поездок, размещения районов в плане города и других, подобных, факторов. Эти методы более глубоко и полно учитывают изменения в размещении жилищных и промышленных образований, транспортной сети, в системе культурно-бытового обслуживания населения и т.д.

Первая математическая модель корреспонденции между двумя транспортными районами появилась более 100 лет назад, когда венский инженер фон Лилль сформулировал свой знаменитый закон движения пассажирского транспорта [2]. Он исследовал железнодорожные пассажирские перевозки по направлению Вена - Брюнн - Прага и вывел математическую зависимость, которая впоследствии получила широкое распространение при расчетах городских пассажирских потоков и была названа «гравитационной моделью». Гравитационные модели получили такое название в силу того, что они аналогичны закону гравитационного тяготения. В них величины корреспонденций прямо пропорциональны объемам отправок из одного транспортного района и прибытия в другой, и обратно пропорциональны расстоянию между этими районами.

Традиционная и наиболее распространенная гравитационная модель построена на основании следующей гипотезы:

$$b_{ij} = K \cdot HO_i \cdot HP_j \cdot f(c), \quad (1)$$

где b_{ij} – потенциальные корреспонденции между районами i и j ; K – калибровочный коэффициент; HO_i – объем выезда из района i (емкость района по отправлению); HP_j – объем прибытия в район j (емкость района по прибытию); i – номер района зарождения корреспонденции; j – номер района завершения корреспонденции.

При этом должны выполняться также следующие ограничения, которые обеспечивают условие сбалансированности матрицы корреспонденций:

$$\sum_{j=1}^n h_{ij} = HO_i, \quad i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n h_{ij} = HP_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где n – количество транспортных районов.

Определение расчетных корреспонденций между транспортными районами выполняется на основе следующего соотношения [1]:

$$h_{ijk} = \frac{HO_i \cdot HP_{jk} \cdot k_{ijk} \cdot d_{ij}}{\sum_{j=1}^n (HP_{jk} \cdot k_{ijk} \cdot d_{ij})}, \quad (4)$$

где h_{ijk} – расчетные корреспонденции между районами i и j на k -й итерации; d_{ij} – функция тяготения между районами i и j ; k_{ijk} – выравнивающий коэффициент притяжения поездок из района i в j на k -й итерации.

Формирование матрицы корреспонденций в этом случае выполняется при помощи итерационной процедуры, которая ведется до тех пор, пока не станет $k_{ijk} = 1$.

К преимуществам традиционной гравитационной модели можно отнести доступность исходной информации и простоту выполнения расчетов. В качестве недостатка следует отметить то, что существующий вариант реализации не является строго обоснованным с математической точки зрения, поскольку расчетная формула только отражает общие связи между параметрами модели, но не гарантирует полной аналогии корреспонденций между транспортными районами города и силой взаимного притяжения физических тел.

Наиболее совершенным из всех предложенных гравитационных методов является метод, разработанный В.А.Вдовиченко [1]. Он основывается на том, что существуют такие корреспонденции, при которых сумма квадратов их отклонения от потенциальных (теоретических) будет минимальна при сбалансированности матрицы корреспонденций по емкостям транспортных районов:

$$F(h_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (b_{ij} - h_{ij})^2 \rightarrow \min_{h_{ij} \in \Omega}, \quad (5)$$

$$\Omega: \sum_{j=1}^n h_{ij} = HO_i, \quad i = \overline{1, n}; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n h_{ij} = HP_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где целевая функция $F(h_{ij})$ – сумма квадратов отклонения корреспонденций от их потенциальных значений; переменные h_{ij} – искомые корреспонденции.

Однако практическая реализация метода в такой постановке получается не очень эффективной из-за того, что в некоторых случаях значения корреспонденций принимают отрицательные значения, чего в действительности быть не может. Для устранения возникшего противоречия приходится искусственно вводить калибровочный коэффициент тяготения между районами, что, естественно, усложняет и уменьшает устойчивость предлагаемого метода. В конечном итоге, искусственная коррекция математической модели корреспонденций ведет к потере ее адекватности. Чтобы исправить сложившуюся ситуацию, обеспечить должную адекватность и избежать вынужденного искажения математической модели, связанного с вводом калибровочного коэффициента, достаточно систему ограничений (6)-(7) в постановке задачи (5)-(7) дополнить ограничением на неотрицательность переменных (корреспонденций). В этом случае математическая модель задачи примет следующий вид:

$$F(h_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (b_{ij} - h_{ij})^2 \rightarrow \min_{h_{ij} \in \Omega}, \quad (8)$$

$$\Omega: \sum_{j=1}^n h_{ij} = HO_i, \quad i = \overline{1, n}; \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n h_{ij} = HP_j, \quad j = \overline{1, n}; \quad (10)$$

$$h_{ij} \geq 0. \quad (11)$$

Наложение требования неотрицательности на корреспонденции приводит к замене классической задачи оптимизации при ограничениях в виде равенств (5)-(7) задачей математического программирования (8)-(11).

Изменение статуса оптимизационной задачи требует привлечения к ее решению и других методов. Классические методы решения задачи (5)-(7) должны уступить место прямым (поисковым) методам оптими-

зации – методам математического программирования.

Выводы

1. В наиболее предпочтительных гравитационных методах формирования матрицы корреспонденции не учитывается требование на неотрицательность корреспонденций.

2. Учет требования неотрицательности корреспонденций влечет за собой перевод задачи по определению элементов матрицы корреспонденций из разряда задач оптимизации при ограничениях в виде равенств в разряд задач математического программирования.

3. Перевод задачи отыскания корреспонденций в разряд задач математического программирования требует привлечения к ее решению прямых методов оптимизации.

1.Вдовиченко В.А. Эффективность функционирования городской пассажирской транспортной системы: Дис... канд. техн. наук. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 193 с.

2.Заблоцкий Г.А. Методы расчета потоков пассажиров и транспорта в городах. – М.: Стройиздат, 1968. – 92 с.

3.Заблоцкий О.В. Транспорт в городе. – К.: Будівельник, 1986. – 96 с.

4.Поляков А.А. Организация движения на улицах и дорогах. – М.: Транспорт, 1965. – 254 с.

5.Ugge Al. Matematickы metody pri dopravnim reseni mest. – Praha, 1965.

Получено 24.02.2006

УДК 303.094.7 : 004.652.5

И.Л.ЯКОВИЦКИЙ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

**ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АДРЕСНОГО РЕЕСТРА.
АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Современные средства объектно-ориентированного анализа позволяет привлечь к формированию единых информационных систем представителей органов управления на этапе создания модели интегрированной информационной системы обеспечивающей решение задач управления территорией города.

Население является ценнейшим ресурсом любой страны. Оно является одновременно и производителем и потребителем товаров и услуг. Тенденции развития привели к стремительной урбанизации во всем мире. Наблюдается рост городов и увеличение концентрации населения в них. Город превратился в сложную систему обеспечения жизнедеятельности населения. Городская территория оснащается разнообразными по функциональному назначению инженерными сооружениями и транспортными коммуникациями. Они обслуживают население и подчинены единой цели – обеспечение жизнедеятельности населения. Это ставит задачи – планирование развития и оперативного