

Применение матричных методов при моделировании транспортных потоков в дорожной сети города

*Исаеня Захар Александрович, студент 1-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Чернявская С.В., канд. физ.-мат. наук, доцент)*

В условиях интенсивного роста городов возникает потребность в эффективных методах моделирования транспортных потоков в дорожной сети города. Одним из широко используемых способ решения подобных задач является использование матриц корреспонденций.

Матрица корреспонденций (МК) — матрица, элементами которой являются значения количества передвижений между каждой парой транспортных районов (Рисунок 1). Матрицы корреспонденций можно детализировать по видам транспорта, длительности анализируемого интервала времени и причинам поездки (слоям передвижений). Результаты прогнозирования интенсивности движения транспорта на магистральной уличной сети служат обоснованием определения её основных параметров. Классическими методами получения матриц являются натурные обследования, автоматизированные методы и построение матриц с помощью математических методов.

	Прибытия				
Отправления	1	2	...	n	Сумма
1					P1
2		?			P2
...					...
m					Pm
Сумма	Q1	Q2	...	Qn	

Рисунок 1 – Табличная форма матрицы корреспонденций

Математические методы построения МК разделяются на два обширных класса: экстраполяционные (ЭМ) и вероятностные.

Суть ЭМ сводится к экстраполяции, то есть распространении на перспективу выводов, уже полученных из материалов обследований данных текущего состояния распределения потоков пассажиров и транспорта между

корреспондирующими районами с учётом коэффициентов роста. Достоверность данного метода зависит от точности данных, полученных в результате обследования.

К основным методам ЭМ относят следующие методы: метод единственного коэффициента роста (МЕКР); метод среднего коэффициента роста (МСКР); детройтский метод (ДМ); метод Фратара (МФ).

МЕКР применяется для ориентировочного определения нагрузки отдельных элементов уличной дорожной сети на ближайшие 3-5 лет. В качестве исходной информации используются фактические величины корреспонденций между транспортными районами города и прогноз их роста. Недостатком метода является то, что он не учитывает динамику развития соотношений между различными зонами города, что приводит к большим погрешностям и делает метод непригодным для использования на долгую перспективу. Ввиду упомянутых факторов на практике зачастую не используется.

МСКР учитывает темпы развития отдельных зон города и применяется для ориентировочного определения нагрузки улично-дорожной сети зоны города на ближайшие 5-7 лет. Для расчётов используются средние коэффициенты роста для каждой зоны города, и, хотя, в отличие от предыдущего метода, в нём учитывается динамика развития зон, приводит к большим погрешностям при росте подвижности населения и появлении новых жилых массивов.

ДМ предназначен для расчёта МК на период 10-15 лет, помимо коэффициентов роста отдельных районов также учитывается коэффициент и для всего города. Этот метод считается более точным по сравнению с предыдущими, поскольку помимо коэффициентов роста отдельных зон также учитывает и коэффициент роста для всего города, однако даёт значительные погрешности при изменении темпов роста отдельного района по сравнению с городом в целом. Положительной стороной данного метода является сравнительная несложность при расчётах.

МФ по предназначению подобен детройтскому, но даёт ещё более точные результаты. В данном методе используется уравнение зависимости интенсивности движения от коэффициентов его роста с применением в обследуемых зонах местных факторов, которые позволяют учитывать влияние на них остальных зон. Получил наибольшее распространение среди других ЭМ ввиду наибольшей точности.

Вероятностные методы построения МК получили гораздо большее распространение, чем экстраполяционные, поскольку они позволяют лучше других способов описать внутригородские передвижения населения. К ним относят методы, основанные на эмпирических или теоретических зависимостях межзонных корреспонденций от ряда градостроительных факторов (нп.

плотность застройки, ширина улиц, местоположение объектов социального или общественного значения и т.д.).

При построении МК с помощью вероятностного метода обычно используется **гравитационная** модель, название которой основывается на схожести с законом гравитационного тяготения. В этой модели величина корреспонденции прямо пропорциональна общему объёму отправления из одной зоны и прибытия в другую и обратно пропорциональна расстоянию между этими зонами. Расчёты по гравитационным моделям могут быть использованы в перспективе на 15-20 лет.

Рассмотрим пример построения матрицы корреспонденций легкового транспорта для г. Минска. Используя метод единственного коэффициента роста, построим матрицу корреспонденций легкового автомобиля для 4 районов Минска: Центрального, Фрунзенского, Заводского и Московского:

Таблица 1 – МК фактическая (авт./час)

Из \ В	Центр	Фрунз	Моск	Окт	Σ выезд
Центр	400	150	200	210	960
Фрунз	150	350	180	160	840
Моск	200	180	450	190	1020
Окт	210	160	190	450	1010
Σ	960	840	1020	1010	3830

Предположим, что транспортный поток увеличится на 10% к 2030 г., тогда коэффициент роста $K=1.1$.

Таблица 2 – МК первая итерация (авт./час)

Из \ В	Центр	Фрунз	Моск	Окт	Σ выезд
Центр	440	165	220	231	1056
Фрунз	165	385	198	176	924
Моск	220	198	495	209	1122
Окт	231	176	209	495	1111
Σ	1056	924	1122	1111	4213

С помощью полученных матриц можно приблизительно определить на ближайшую перспективу, какие транспортные зоны имеют наибольшую нагрузку и потребность в улучшении транспортной сети, анализировать существующие маршруты и проложить новые для улучшения связи между зонами.

Литература:

1. Капский, Д.В. Транспорт в планировке городов: учебное пособие/Д.В. Капский. – Минск : БНТУ, 2023. – 571 с.
2. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ МАТРИЦ ТРАНСПОРТНЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://infocom.spbstu.ru/userfiles/files/articles/2015/2/05.pdf>. – Дата доступа : 01.04.2025.