

УДК 656.025

ЗАКОНО- МЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СПРОСА НА УСЛУГИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

А. В. Россолов

Кандидат технических наук
Кафедра транспортных систем
и логистикиХарьковский национальный
автомобильно-дорожный университет
ул. Петровского, 25, г. Харьков, 61002
E-mail: ross_a@rambler.ru

Представлено результати імітаційного експерименту формування варіантів матриць пасажирських кореспонденцій для найбільших міст України (на прикладі міста Харкова). Визначені закономірності зміни величин транспортної роботи міського пасажирського транспорту та середньої дальності пересування пасажирів. Проведено дослідження впливу розмірності матриці пасажирських кореспонденцій на величину середньої дальності пересування пасажирів по маршрутній мережі міста

Ключові слова: транспортний район, матриця пасажирських кореспонденцій, імітаційний експеримент, закон розподілу

Представлены результаты имитационного эксперимента формирования вариантов матриц пассажирских корреспонденций для крупнейших городов Украины (на примере города Харькова). Определены закономерности изменения величины транспортной работы городского пассажирского транспорта и средней дальности передвижения пассажиров. Исследовано влияние размерности матрицы пассажирских корреспонденций на величину средней дальности передвижения пассажиров по маршрутной сети города

Ключевые слова: транспортный район, матрица пассажирских корреспонденций, имитационный эксперимент, закон распределения

1. Введение

Основной целью функционирования маршрутной сети (МС) городского пассажирского транспорта (ГПТ) является доставка пассажиров в пункты назначения с минимальными затратами времени [1]. С увеличением численности населения в городах при неизменной пропускной способности улично-дорожной сети выполнение поставленной задачи становится затруднительной. Данная проблема касается практически всех крупных городов Украины, поэтому на данный момент необходимой является разработка эффективных мероприятий по изменению или корректировке МС городов. Корректность и обоснованность данных мероприятий должна гарантироваться максимально полной и релевантной информацией о спросе населения конкретного города на услуги ГПТ. При этом данная информация не является условно статичной, что предопределяет необходимость нахождения закономерностей формирования спроса на услуги ГПТ для более полного ее восприятия и понимания механизма ее применения.

2. Анализ существующих моделей спроса на услуги городского пассажирского транспорта

Совокупность потребностей в сетевых передвижениях людей за определенный промежуток времени образуют матрицу сетевых пассажирских корреспонденций [1]. Существует достаточно большое количество подходов к определению сетевых корреспонденций, которые можно классифицировать и выделить в

группы. В [2] методы расчета матрицы пассажирских корреспонденций (МПК) классифицируются как экстраполяционные и вероятностные. Также существует подход к классификации методов расчета матрицы пассажирских корреспонденций по процедуре проведения расчетов [3]. В результате классификации по данному признаку в первую группу входят методы, основанные на статистическом анализе данных о фактических корреспонденциях, во вторую – методы, основанные на априорных логических гипотезах. В работах зарубежных ученых [4, 5] существующие методы определения спроса на передвижения систематизируются в две группы: модели совокупного (aggregate demand models) и разъединенного спроса (disaggregate demand models).

В [6] обосновано, что для описания возможных состояний спроса пассажиров на услуги ГПТ необходимо выполнять моделирование некоторого множества МПК, которые заключены в определенном интервале. В работе [7] границы данного интервала предложено определять исходя из двух экстремальных вариантов МПК, которые соответствуют минимальной и максимальной транспортной работе городского пассажирского транспорта. То есть пассажирская корреспонденция представляется как функция [6]

$$h_{ij} = f(D_i, A_j, \varepsilon), \quad (1)$$

где D_i – ёмкость i -го транспортного района (ТР) по отправлению, пасс.;

A_j – ёмкость j -го ТР по прибытию, пасс.;

ε – случайные факторы.

При этом экстремальные варианты МПК гарантируют выполнение условий (2) и (3)

$$b_{\min} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r l_{ij} \cdot h_{ij} \rightarrow \min, \tag{2}$$

$$b_{\max} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r l_{ij} \cdot h_{ij} \rightarrow \max, \tag{3}$$

где b_{\min}, b_{\max} – соответственно минимальная и максимальная транспортная работа ГПТ, пасс.-км.

Однако интервал достоверных вариантов состояний спроса населения на услуги ГПТ при использовании данной методики определения экстремальных состояний МПК будет очень большим, что подтверждается [8]. В связи с этим, необходима разработка мероприятий по сужения интервала возможных вариантов МПК, что возможно, определив закономерности формирования спроса населения на услуги ГПТ.

3. Постановка задачи исследования

Объектом исследования является процесс формирования спроса населения на услуги городского пассажирского маршрутного транспорта. В качестве предмета исследования рассматриваются закономерности формирования спроса на услуги ГПТ. Целью исследования является определение закономерностей изменения оценочных показателей состояний спроса населения на услуги ГПТ.

4. Решение поставленной задачи

Исходя из (1) предлагается формировать вариант состояния спроса на услуги ГПТ на основе метода Монте-Карло [9, 10]. В этом случае отсутствует рекуррентность в нахождении каждой МПК в общем массиве их возможных вариантов. Каждое состояние спроса моделируется независимо от других. Преимуществом предложенного метода формирования МПК является простота получения случайной выборки вариантов спроса на услуги ГПТ из генеральной совокупности. Использование имитационного моделирования обосновывается тем, что рассмотрению подвергается сложно структурированный процесс, обладающий стохастическим характером [9]. Исходя из разработанного алгоритма, моделирование предполагает реализацию значительного количества итераций до момента достижения конечного результата. При расчетах используется случайные величины. Результат построения алгоритма представлен на рис. 1.

На первом этапе задаются входные параметры: количество ТР по отправлению N_d и прибытию N_a , соответственно, ёмкости ТР по отправлению D_i и прибытию A_j . На втором этапе выполняется проверка сбалансированности ёмкостей транспортных районов $\sum D_i = \sum A_j$. Третьим этапом является определение упорядоченного множества $N = \{n_1, n_2, \dots, n_N\}$, элементы которого отображают порядковые номера корреспонденций в матрице. Пятым этапом моделирования является определение позиции корреспонденции в матрице. Основой служит случайное число ξ_1 сгенерированное по равномерному закону в интервале $[0; 1]$. На основе этого значения расчет позиции корреспонденции в матрице выполняется

$$n = \xi_1 \cdot N_d \cdot N_a, n \in [1; N], \tag{4}$$

где ξ_1 – случайное число, равномерно распределенное в интервале $[0; 1]$;

N – количество элементов в матрице, ед.

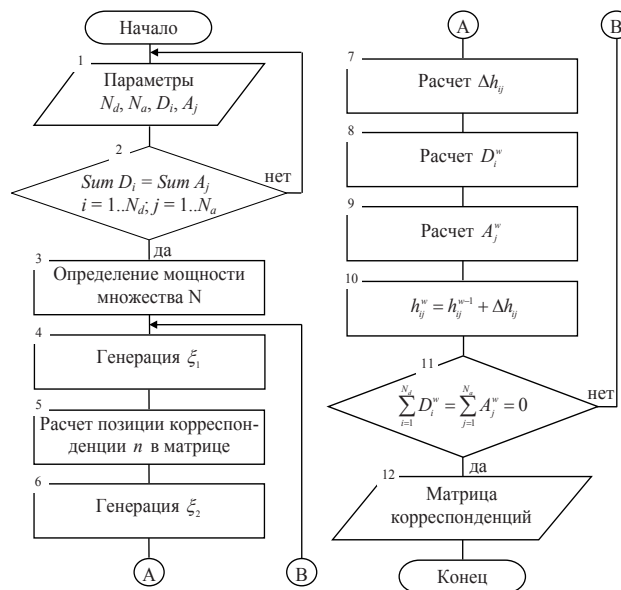


Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования состояния МПК

Седьмым этапом моделирования является определение величины Δh_{ij} :

$$\Delta h_{ij} = \text{ROUND}(\xi_2 \cdot \min(D_i^{w-1}, A_j^{w-1})), \tag{5}$$

На основе значения Δh_{ij} на восьмом и девятом этапе производится корректировка значений ёмкостей ТР D_i^{w-1} и A_j^{w-1} :

$$D_i^w = D_i^{w-1} - \Delta h_{ij}, w \in (1; Z), \tag{6}$$

$$A_j^w = A_j^{w-1} - \Delta h_{ij}, w \in (1; Z), \tag{7}$$

где D_i^w – значение ёмкости ТР по отправлению при w -ой итерации расчетов, пасс.;

A_j^w – значение ёмкости ТР по прибытию при w -ой итерации расчетов, пасс.

В результате выполнения итерационных расчетов значение объема корреспонденцирующих пассажиров между i и j ТР формируется следующим видом:

$$h_{ij}^w = h_{ij}^{w-1} + \Delta h_{ij}, \tag{8}$$

где h_{ij}^w, h_{ij}^{w-1} – соответственно величина корреспонденции между i и j ТР при текущей и предыдущей итерации расчетов, пас.

На основе предложенного алгоритма выполнено моделирование возможных вариантов МПК для города Харькова.

На предварительном этапе моделирования территория города была поделена на 140 ТР, для которых определены ёмкости по отправлению и прибытию пассажиров за утренний период пик.

Каждый вариант МПК является случайным, следовательно, его оценочный показатель (транспортная работа ГПТ) также является случайной величиной. Таким образом, данную величину можно рассматривать как непрерывную случайную, так как четкой дискретности для полученных численных значений не присутствовало. Результаты нахождения закона распределения величины транспортной работы ГПТ представлены на рис. 2.



Рис. 2. Гистограмма распределения величины транспортной работы ГПТ

От величины транспортной работы сделан переход к средней дальности передвижения пассажиров и определен закон ее распределения (рис. 3).

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_{ij} \cdot l_{ij}}{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_{ij}} \tag{9}$$

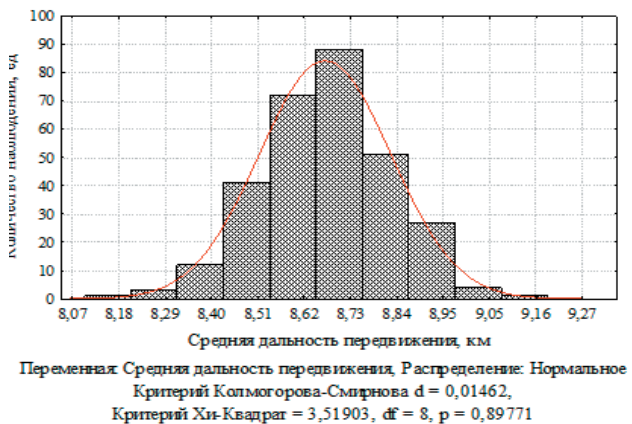


Рис. 3. Гистограмма распределения средней дальности передвижения

5. Выводы

Результаты имитационного эксперимента по формированию возможных вариантов спроса на услуги ГПТ позволили определить закономерность измене-

ния величины транспортной работы ГПТ и средней дальности передвижения пассажиров. Значения оценочных критериев согласия теоретического и экспериментального распределений свидетельствуют о высоком уровне доверительной вероятности, что позволяет делать надежные выводы относительно результатов эксперимента. Полученный закон распределения транспортной работы имеет очень невысокую дисперсию, коэффициент вариации составляет 0,017. Это позволяет существенно сократить интервал близких к реальным вариантам матрицы корреспонденций, за счет исключения из рассмотрения экстремальных и приближенных к ним вариантов.

Литература

1. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст]: Учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.
2. Заблочкий, Г. А. Методы расчета потоков пассажиров и транспорта в городах [Текст] / Г. А. Заблочкий; под ред. А. К. Старинкевич. – М.: ЦНТИ по гражд. строит. и archit., 1968. – 92 с.
3. Доля, В. К. Проблемы транспортных систем [Текст]: монография / В. К. Доля. – Харьков: ХГАДТУ, 1999. – 100 с.
4. Ortuzar, J. de D. Modelling transport. Third edition [Text] / J. de D. Ortuzar, L. G. Willumsen. – John Wiley & Sons Ltd., 2006. – 499 p.
5. Winston, C. The Demand for Transportation : Models and Applications [Text] / C. Winston, K. A. Small. – C.: University of California, 1998. – 51 p.
6. Горбачёв, П. Ф. Интервальное моделирование спроса на трудовые передвижения в крупнейших городах [Текст] / П. Ф. Горбачёв, А. В. Россолов, К. В. Костенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – № 159 – С. 248-253.
7. Горбачов, П. Ф. Нова концепція моделювання потреб населення у трудових пересуваннях міським пасажирським транспортом [Текст] / П. Ф. Горбачов // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2009. – № 27. – С. 210 – 214.
8. Россолов, А. В. Определение уровня вариативности матрицы пассажирских корреспонденций [Текст] / А. В. Россолов, Е. В. Любый // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 1, N 4(61). - С. 43-47.
9. Shannon, R. E. Systems simulation: the art and science [Text] / R. Shannon. – Prentice-Hall, 1975. – 387 p.
10. Емельянов, А. А. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. пособие [Текст] / А. А. Емельянов, Е. А. Власова, Р. В. Дума; под ред. А. А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.