

Розроблено алгоритм розрахунку можливих станів матриці пасажирських кореспонденцій приміського сполучення на підставі ємностей щодо відправлення та прибуття пасажирів на зупиночні пункти. Пошук значень кореспонденцій ґрунтується на ймовірності прибуття пасажирів на зупиночні пункти і ймовірності відправлення з них. Запропонована методика дає можливість знаходження деяких варіантів матриць, які входять в інтервал можливих значень попиту на перевезення пасажирів

Ключові слова: попит, маршрут, ємність, ймовірність, матриця кореспонденцій, модель, інтервал

Разработан алгоритм расчета возможных состояний матрицы пассажирских корреспонденций пригородного сообщения на основании емкостей по отправлению и прибытию пассажиров на остановочные пункты. Поиск значений корреспонденций основывается на вероятности прибытия пассажира на остановочные пункты и вероятности отправления из них. Предложенная методика дает возможность нахождения некоторых вариантов матриц, которые входят в интервал возможных значений спроса на перевозку пассажиров

Ключевые слова: спрос, маршрут, емкость, вероятность, матрица корреспонденций, модель, интервал

УДК 656.072

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПРОСА НА ПЕРЕВОЗКУ ПАССАЖИРОВ В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ

П. Ф. Горбачев

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

E-mail: tsl@khadi.kharkov.ua

В. И. Крикун

Ассистент*

E-mail: tsl@khadi.kharkov.ua

*Кафедра транспортных систем и логистики Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

Акбар Джан Полад

Старший научный сотрудник

Академия наук Афганистана

Шах Бабу Джан-Шер Алли Хан Ват-Шахре Нау-

Кабул -Афганистан

E-mail: zmarpolad@mail.ru

1. Введение

Одним из методов, который позволяет проводить оценку эффективности функционирования действующей транспортной системы пригородного пассажирского сообщения является математическое моделирование ее работы. Результаты этого процесса, прежде всего, зависят от используемых исходных данных. Исходными данными для моделирования процесса перевозки является матрица передвижений. В рамках данной работы предлагается новый подход к формированию маршрутной матрицы пассажирских корреспонденций в пригородном сообщении на основании известных емкостей по прибытию и отправлению с каждого остановочного пункта.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В настоящее время можно выделить два основных подхода к формированию матрицы пассажирских корреспонденций. Первый предполагает проведение натурных обследований передвижений и позволяет получить максимально достоверную информацию. Основными недостатками этого подхода является его высокая трудоемкость и ограниченность сегмента, для которого поступает информация, чаще всего это данные о потребности населения в трудовых пере-

движениях [1]. Для определения объемов перевозки пассажиров в пригородном сообщении можно использовать данные обработки билетно-кассовых ведомостей транспортных предприятий. На сегодняшний день проведение таких обследований маловероятно, из-за отсутствия действенных рычагов административного влияния на субъектов транспортного рынка.

При втором подходе для определения (синтеза) матрицы корреспонденций используются разнообразные гравитационные модели расселения или энтропийные модели, основанные на предположении о схожести транспортной системы с термодинамическими системами. Такой подход требует значительно меньше затрат труда для формирования матрицы корреспонденций, однако не позволяет получить достаточно точные результаты. Разница между теоретическими и реальными значениями при прогнозировании объема корреспонденций может составить 200% [2, 10].

Наибольшее признание и распространение получила гравитационная модель, основанная на допущении о сходстве взаимодействия между транспортными районами с законом всемирного тяготения [3]. Различными авторами разработано большое количество методик, реализующих стандартную гравитационную модель с разными функциями тяготения. Существуют также нестандартные подходы для расчета матрицы корреспонденций, которые являются разновидностями гравитационной модели [4, 5]. Но все они предназначены для определения только одного состояния

матрицы, степень соответствия которого реальному спросу оценить весьма сложно.

Некоторым вопросам формирования матрицы корреспонденций посвящена работа, в которой матрица корреспонденций формируется на основе результатов обследования пассажиропотоков на маршрутах табличным методом с использованием априорных зависимостей [6]. В качестве исходной информации во всех этих моделях используются объемы отправления и прибытия в каждый транспортный район и некая функция тяготения, отражающая трудность сообщения между ними.

В работе [7] разработан подход к формированию общегородской матрицы корреспонденций пассажиров, основывающийся на использовании граничных вариантов матриц корреспонденций всех городских маршрутов, которые минимизируют и максимизируют показатель транспортной работы.

Более того, весьма реальной выглядит гипотеза о случайном характере спроса на перевозки пассажиров. В этом случае более перспективным выглядит подход, при котором состояние спроса описывается не одной, а несколькими матрицами корреспонденций, соответствующих известным емкостям транспортных районов по отправлению и прибытию. Такая концепция моделирования спроса на передвижения получила название интервальной [8]. Уже разработаны методики реализации этой концепции для малых [7] и крупных городов [9]. Однако, при рассмотрении пригородного сообщения эти методики по различным причинам не могут быть использованы, что требует разработки специальной методики реализации интервальной концепции моделирования спроса на перевозку в пригородном сообщении.

3. Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка алгоритма определения спроса на перевозку на пригородном маршруте на основании известных емкостей по отправлению и прибытию остановочных пунктов. Задачи определения емкостей по отправлению и прибытию можно решить проведением табличного метода обследования на остановочных пунктах. Данный метод дает возможность определения достаточно достоверных данных.

Возникает необходимость поиска не одного варианта матрицы, а некоторого множества, которое бы описывало границы интервала ее возможных значений [8]. Предложенная методика дает возможность реализации данной задачи.

4. Решение задачи

Для определения спроса на перевозку нами разработан алгоритм расчета матрицы корреспонденций на основании емкостей по прибытию и отправлению с каждого остановочного пункта (ОП) на маршруте отдельного вида транспорта. Алгоритм основывается на предположении, что количество пассажиров, которые отправляются с i -ого ОП, будут прибывать на j -й ОП, пропорционально емкости по прибытию j -го ОП.

На первом этапе необходимо определить емкость по отправлению и по прибытию пассажиров каждого остановочного пункта на отдельно взятом пригородном маршруте в прямом или обратном направлении. Емкость пассажиров по отправлению D_i определяется количеством вошедших пассажиров на i -ом ОП, пасс., а емкость по прибытию A_j количеством вышедших пассажиров на j -ом ОП, пасс.

Таким образом

$$\sum_{i=1}^{n-1} D_i = \sum_{j=2}^n A_j, \tag{1}$$

где n – количество ОП на данном маршруте, $i = 1, n-1$; $j = 2, n$.

Величина корреспонденции между i -ым и j -ым ОП h_{ij} , пасс. определяется по формуле

$$h_{ij} = D_i \cdot P_{ij}, \tag{2}$$

где P_{ij} - вероятность прибытия пассажира из i -ого ОП на j -ый ОП.

Для определения корреспонденций по данной формуле необходимо учитывать следующие условия:

$$\begin{cases} h_{ij} = A_j - \sum_{i=2}^{i=j} (D_i \cdot P_{ij}) \\ P_{(n-1)n} = 1 \\ P_{i=j} = 0 \end{cases} \tag{3}$$

Для остальных ячеек матрицы вероятность прибытия пассажира будет определяться

$$P_{ij} = \frac{A_j - \sum_{i=1}^{i=j} (D_i \cdot P_{ij})}{\sum_{j=(i+1)}^n A_j - \sum_{i=1}^{n-1} D_i} \tag{4}$$

Расчет значений вероятностей необходимо выполнять, начиная с конца маршрута.

Приведем пример расчета значений матрицы корреспонденций для условного пригородного маршрута «А-В-С-D-F» в прямом направлении. Задав значения емкостей по прибытию и отправлению, получим исходную матрицу, рис. 1

		1 2 3 4 5				
		А В С D F				
		П Р И Б Ы Т И Е A _i , пасс				
		0	130	90	115	290
1 2 3 4 5	A	435	-			
	B	105	-	-		
	C	65	-	-	-	
	D	20	-	-	-	-
	F	0	-	-	-	-

Рис. 1. Исходная матрица

Далее зададим установленные ограничения вероятностей (3), рис. 2

				1	2	3	4	5
				A	B	C	D	F
				П Р И Б Ы Т И Е A _i , пасс				
				0	130	90	115	290
ОТПРАВЛЕНИЕ	1 A	D _i , пасс	435	0				
	2 B		105	-	0			
	3 C		65	-	-	0		
	4 D		20	-	-	-	0	1
	5 F		0	-	-	-	-	0

Рис. 2. Ограничения вероятностей в матрице

Произведем поочередный расчет вероятностей выхода пассажира на ОП для остальных ячеек, начиная с конца маршрута

$$P_{34} = \frac{A_4 - \sum_4^4 (D_4 \cdot P_{44})}{\sum_4^5 (A_4 + A_5) - \sum_4^4 D_4} = \frac{115 - 20 \cdot 0}{115 + 290 - 20} = 0,299,$$

$$P_{35} = \frac{A_5 - \sum_4^5 (D_4 \cdot P_{45} + D_5 \cdot P_{55})}{\sum_4^5 (A_4 + A_5) - \sum_4^4 D_4} = \frac{290 - (20 \cdot 1 + 0 \cdot 0)}{115 + 290 - 20} = 0,701.$$

Заносим значения вероятностей в матрицу, рис. 3

				1	2	3	4	5
				A	B	C	D	F
				П Р И Б Ы Т И Е A _i , пасс				
				0	130	90	115	290
ОТПРАВЛЕНИЕ	1 A	D _i , пасс	435	0				
	2 B		105	-	0			
	3 C		65	-	-	0	0,299	0,701
	4 D		20	-	-	-	0	1
	5 F		0	-	-	-	-	0

Рис. 3. Матрица вероятностей

При условии правильности выполнения расчетов сумма вероятностей по строке всегда должна равняться единице

$$P_{34} + P_{35} = 0,299 + 0,701 = 1.$$

Далее выполняем расчеты вероятностей для следующей строки аналогично. Результаты заносим в матрицу, рис. 4

				1	2	3	4	5
				A	B	C	D	F
				П Р И Б Ы Т И Е A _i , пасс				
				0	130	90	115	290
ОТПРАВЛЕНИЕ	1 A	D _i , пасс	435	0				
	2 B		105	-	0	0,219	0,234	0,547
	3 C		65	-	-	0	0,299	0,701
	4 D		20	-	-	-	0	1
	5 F		0	-	-	-	-	0

Рис. 4. Матрица вероятностей

Следующим этапом является поиск значений корреспонденций ячеек, для которых известны вероятности, пасс

$$h_{23} = D_2 \cdot P_{23} = 105 \cdot 0,219 = 23.$$

Для остальных ячеек значения находятся аналогично. Расчет вероятностей для первой строки не выполняется, а сразу рассчитываются значения корреспонденций по формуле (3). В результате выполнения всех вышеуказанных действий получаем один из вариантов промежуточного состояния маршрутной матрицы спроса на перевозку, рис. 5

				1	2	3	4	5
				A	B	C	D	F
				П Р И Б Ы Т И Е A _i , пасс				
				0	130	90	115	290
ОТПРАВЛЕНИЕ	1 A	D _i , пасс	435	0	130	67	71	167
	2 B		105	-	0	23	25	57
	3 C		65	-	-	0	19	46
	4 D		20	-	-	-	0	20
	5 F		0	-	-	-	-	0

Рис. 5. Маршрутная матрица корреспонденций

Данный алгоритм позволяет формировать различные варианты матрицы и может изменяться путем поиска вероятностей как с конечных пунктов маршрута, начальных, так и с промежуточных. Также можно находить вероятности не по прибытию, а по отправлению. Для этого количество прибывающих пассажиров на ОП должно распределяться пропорционально емкостям по отправлению ОП, с которых возможно прибыл пассажир. В результате применения данных алгоритмов расчета можно получить матрицы в количестве 2·(n-2)!

В случае изменения данного алгоритма, необходимо скорректировать указанные формулы для расчета и ограничения. Все возможные варианты найденных матриц могут быть использованы для моделирования процесса перевозки пассажиров в пригородном сообщении.

Таким образом, найдя все значения корреспонденций в прямом направлении, можно приступить к расчету значений корреспонденций обратного направления. Для этого необходимо провести обследование табличным методом для получения значений емкостей по отправлению и прибытию на маршруте в обратном направлении.

5. Выводы

Предложенный алгоритм расчета пассажирских корреспонденций на основании известных емкостей по отправлению и прибытию в пригородном сообщении дает возможность получения некоторых вариантов исходных данных, которые являются возможными вариантами описания спроса на перевозку. Использование нескольких матриц позволяет повысить вероятность определения границ интервала возможных значений спроса. Найденные матрицы могут быть использованы при моделировании процесса перевозки.

Література

1. Горбачов, П.Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах [Текст] / П. Ф. Горбачов // Монографія – Харків: ХНАДУ, 2009. – 196 с.
2. Грановский, Б.И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах [Текст] / Б.И. Грановский // Автомобильный и городской транспорт (Итоги науки и техники), – М.: ВИНТИ, 1986. – С. 67 – 105.
3. Иванов, И.Е. К вопросу о маршрутизации во внутриобластном сообщении [Текст] / И. Е. Иванов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – №5/2(29). – С. 34-36.
4. Вдовиченко, В.О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи [Текст] / В.О. Вдовиченко // автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. – Київ: НТУ, 2004. – 19 с.
5. Дубровский, В.В. Функция тяготения населения по трудовым целям [Текст] / В. В. Дубровский // Автомобильный транспорт / Сборник научн. трудов. – Харьков: Издательство ХНАДУ. – 2001. – Вып. 6. – С. 22 – 24.
6. Маруніч, В.С. Обґрунтування побудови пасажирських маршрутних систем міст [Текст] / В.С. Маруніч // автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. – Київ: УТУ, 1996. – 18 с.
7. Любий Є.В. Визначення попиту на пересування населення малих міст маршрутним пасажирським транспортом [Текст] / Є.В. Любий // автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. – Харків: ХНАДУ, 2012.
8. Горбачов, П.Ф. Нова концепція моделювання потреб населення у трудових пересуваннях міським пасажирським транспортом [Текст] / П.Ф. Горбачов // Вісник ДНУЗТ ім. В. Лазаряна / Сборник научн. трудов. Дніпропетровськ. – 2009. - №27, с 210 – 214.
9. Россолов, О.В. Удосконалення інтервальної концепції визначення попиту на послуги пасажирського маршрутного транспорту в великих містах [Текст] / О.В. Россолов // автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. – Харків: ХНАДУ, 2012.
10. Nakatsuyama M. Determination of optimal part and allocation of demand buses using furry heuristic approach. [Текст] / M. Nakatsuyama // JFAC/JFJP/JFORS / "Control in transportation system" conference, 4, Proceedings of the Oxford, Baden-Baden. – 1984.

Приведено результати досліджень процесу сплати людьми послуг при великій інтенсивності транзакцій. Дослідження проведено на базі КП «Харківський метрополітен». Результати використані для розробки автоматизованої системи сплати проїзду. Результати досліджень доцільно використовувати для попередження небезпечних ситуацій в обмеженому просторі при великому скупченні людей

Ключові слова: сплата послуг, сплата проїзду, автоматизована система сплати

Приведены результаты исследований процесса оплаты людьми услуг при большой интенсивности транзакций. Исследование проведено на базе КП «Харьковский метрополитен». Результаты использованы для разработки автоматизированной системы оплаты проезда. Результаты исследований целесообразно использовать для предупреждения опасных ситуаций в ограниченном пространстве при большом скоплении людей

Ключевые слова: оплата услуг, оплата проезда, автоматизированная система оплаты

УДК 65.011.56:625.42

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЛАТИ ЗА ПРОЇЗД У МЕТРОПОЛІТЕНІ З ТОЧКИ ЗОРУ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ

І. М. Сіроклин

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра автоматичної та комп'ютерної
телекерування рухом поїздів
Українська державна академія залізничного
транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050
E-mail: seroklin_iv@mail.ru

1. Вступ

Пасажирський транспорт при перевезенні на короткі дистанції значної кількості пасажирів у першу чергу потребує точних та своєчасних характеристик пасажиропотоку і прискорення операцій кожної ланки технологічного процесу.

Розглядаючи питання з точки зору метрополітену, як найбільш завантаженого та одного з основних видів громадського транспорту великих міст, легко визначити, що однією з найбільш затратних, з точки зору часу, і достатньо затратних, з точки зору ефективності капітальних вкладень, є процеси, пов'язані з контролем сплати за проїзд та, відповідно, сам процес стягування