

подземных пешеходных переходов в разных уровнях, ликвидации и упорядочивания парковок автомобилей на проезжей части магистральных улиц и др. Но первая попытка разработки КСОДД была предпринята в 2008 году. Был проведен НИОКР Комитета архитектуры и градостроительства г. Минска «Комплексная схема организации дорожного движения центральной части г. Минска, 2008-2009 гг.».

Учет принципов и положений ОДД в градостроительном проектировании, особенно в проектах детального плана районов города, полагаем обязательным. Так, распределение транспортных потоков в узлах дорожной сети на основе прогнозирования спроса на поездки населения и грузоперевозки, повышения скоростей сообщения и привлекательности маршрутного пассажирского транспорта и др. во многом решается именно с помощью ОДД. Повышение качества ОДД обеспечивает потребную пропускную способность дорожной сети наряду с ее развитием, совершенствование парковочной политики и рациональное использование парковочного пространства, оптимальное управление светофорными объектами.

С помощью наилучшей ОДД транспорта и пешеходов формируются и новые положительные стереотипы поведения участников дорожного движения, а места притяжения населения становятся более доступными, следовательно, и более привлекательными. Отношение к роли ОДД можно изменить, в первую очередь, за счет разработки и введения нормативных документов по составу и содержанию проектов, а также по выделению специальных субсидий, для выполнения предпроектных научно-исследовательских работ.

УДК 656.072.2

## **МОДЕЛЬ ВЕРОЯТНОСТИ ВЫБОРА ПАССАЖИРОМ МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ**

### **MODEL SELECTION PROBABILITIES PASSENGER ITINERARY**

*Нефедов Н.А., Альберт Авуа Дж.*

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

N. Nefedov, Albert J. Avua

(Kharkov National Automobile and Highway University)

**Аннотация.** Система городского пассажирского транспорта (ГПТ) является одним важнейших элементов городской инфраструктуры. Испытывая постоянное влияние различных факторов – демографических, геополитических, социально-экономических и других, города находятся в состоянии постоянных изменений и системы ГПТ, как инфраструктур-

ные элементы, должны соответствовать меняющимся требованиям и условиям их функционирования.

**Abstract.** *The article discusses aspects of the definition of qualitative and quantitative characteristics of the impact of the actual time-out passenger vehicle stopping points. Also, given the experimental and calculated values of the probability of selecting the passenger itinerary.*

Требуемое соответствие достигается постоянным мониторингом условий функционирования ГПТ и ее модернизацией. Качество такой модернизации во многом зависит от точности прогноза распределения пассажирских корреспонденций по участкам маршрутной сети (МС) ГПТ. В настоящее время общепризнанным подходом при определении загрузки участков МС (что является следствием распределения пассажирских корреспонденций по участкам МС) является использование функций привлекательности маршрутов [1-2]. Данные функции позволяют определить пропорции или вероятности распределения пассажирских корреспонденций между альтернативными путями передвижения пассажиров.

В работе [3] представлены результаты исследований, по применению подхода структурного равновесия (*SEM – structural equation model*). В большинстве своем такой подход применяется в маркетинге для определения покупательских предпочтений и выявления мотивов покупки, он позволяет ранжировать факторы, определяющие выбор покупателя и, в какой-то степени, мотивы покупки. В рассматриваемом аспекте этот подход используется для определения относительного веса факторов, предопределяющих выбор пассажира маршрута передвижения, в том числе – скрытые факторы, среди которых авторы выделяют так называемые «психометрические», например, удовольствие от поездки (*hedonism*). Таким образом его область применения – определение списка факторов, определяющих функцию привлекательности маршрута следования пассажира, в формальном же виде, однако, с его помощью можно определить функцию привлекательности маршрутов не представляется возможным. Такой согласованный вывод позволяет выдвинуть гипотезу о влиянии фактического времени ожидания пассажира транспортного средства на остановке, что изменяет его психо-физиологическое состояние, на функцию привлекательности маршрутов и, в конечном итоге, на вероятность выбора пассажиром маршрута следования (ВВПМС).

Проведенные автором исследования по данной проблеме позволили определить качественные и количественные характеристики влияния фактического времени ожидания пассажиром транспортного средства на остановочном пункте на ВВПМС. Адекватность предложенной функции ВВПМС еще не является достаточным основанием для применения мето-

дик прогнозирования распределения пассажирских корреспонденций на ее основе вместо апробированных подходов. Поэтому необходимо сравнение ее точности с уже известными методами. В качестве основы для сравнения выбран подход на основе функции привлекательности маршрутов. Базой для сравнения являются результаты натурных наблюдений за выбором пассажиров. Для предлагаемой методики прогнозные значения ВВПМС рассчитываются по формуле

$$P_{mj} = \sum_{\tau=0}^{T_{\max}} \left[ \frac{1}{3,6084} \cdot 21,33 \cdot \left( \frac{\tau-1,154}{3,6084} \right)^2 + 0,0187 \right] \times \left\{ P_{mj(\text{пр})} + \left[ P_{mj(0)} - P_{mj(\text{пр})} \right] \cdot 2,863 \cdot \left| P_{mj(0)} - P_{mj(\text{пр})} \right| \cdot \tau \right\}, \quad (1)$$

где  $P_{mj}$  – ВВПМС  $m$ -го маршрута на  $j$ -м остановочном пункте, определенная по разработанной методике;

$T_{\max}$  – максимальный интервал движения на альтернативных маршрутах, мин;

$\tau$  – фактическое время ожидания пассажиром транспортного средства на остановочном пункте, мин;

$P_{mj(\text{пр})}$  – предельная ВВПМС  $m$ -го маршрута на  $j$ -м остановочном пункте;

$P_{mj(0)}$  – ВВПМС  $m$ -го маршрута на  $j$ -м остановочном пункте при времени равном нулю.

Для сравниваемой методики (по интенсивности предоставления свободных пассажиромест) ВВПМС определяется по формуле

$$\dot{P}_{mj} = \left[ \frac{1}{3,608} \cdot 21,33 \cdot \left( \frac{\tau-1,154}{3,6084} \right)^2 + 0,0187 \right] \cdot \frac{q_{m(\text{н})} \cdot [1 - \gamma_{mj(\text{ст})}]}{I_m \cdot \sum_{k=1}^M \frac{q_{k(\text{н})} \cdot [1 - \gamma_{kj(\text{ст})}]}{I_k}}, \quad (2)$$

где  $\dot{P}_{mj}$  – ВВПМС  $m$ -го маршрута на  $j$ -м остановочном пункте, определенная по интенсивности предоставления маршрутами свободных пассажиромест;

$q_{m(n)}$  – номинальная вместимость транспортного средства на  $m$ -ом маршруте, пасс.;

$\gamma_{mj(ст)}$  – коэффициент статического использования вместимости транспортного средства  $m$ -го маршрута на  $j$ -м остановочном пункте;

$I_m$  – интервал движения транспортных средств на  $m$ -м маршруте, мин;

$M$  – количество альтернативных маршрутов, проходящих через  $j$ -й остановочный пункт, ед.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные и расчетные значения вероятности выбора пассажиром маршрута следования

Источник данных	Маршруты	Фактическое время ожидания, мин						Всего	
		0	1	2	3	4	5		6
Данные натуральных наблюдений	24	0,121	0,179	0,165	0,080	0,059	0,020	0,015	0,639
	38Э	0,060	0,066	0,047	0,018	0,012	0,004	0,002	0,210
	281Э	0,041	0,048	0,036	0,013	0,009	0,003	0,002	0,151
	Всего	0,221	0,293	0,248	0,112	0,080	0,027	0,019	1,000
Результаты расчетов по модели (1)	24	0,118	0,179	0,167	0,100	0,044	0,021	0,015	0,645
	38Э	0,059	0,065	0,048	0,024	0,009	0,004	0,002	0,211
	281Э	0,040	0,045	0,033	0,016	0,006	0,002	0,002	0,145
	Всего	0,217	0,289	0,248	0,140	0,059	0,027	0,019	1,001
Результаты расчетов модели (2)	24	0,116	0,154	0,132	0,075	0,031	0,014	0,010	0,534
	38Э	0,067	0,089	0,076	0,043	0,018	0,008	0,006	0,307
	281Э	0,035	0,046	0,040	0,022	0,009	0,004	0,003	0,159
	Всего	0,217	0,289	0,248	0,140	0,059	0,027	0,019	1,000
Разница между экспериментальными данными и результатами расчетов по модели (1), %	24	-1,8	0,0	1,4	24,6	-25,2	0,7	2,4	0,9
	38Э	-2,0	-1,5	2,4	30,2	-26,6	-9,1	21,5	0,6
	281Э	-1,9	-6,3	-8,5	26,3	-31,3	-9,1	-20,5	-4,6
	Всего	-1,9	-1,4	0,1	25,7	-26,1	-1,8	2,0	0,0
Разница между экспериментальными данными и результатами расчетов по модели (2), %	24	-3,9	-14,0	-19,6	-6,8	-46,4	-30,1	-30,8	-16,5
	38Э	11,4	34,3	62,3	134,7	47,6	101,3	192,4	46,5
	281Э	-15,4	-3,6	9,4	72,7	5,8	56,3	51,4	5,2
	Всего	-1,9	-1,4	0,1	25,7	-26,1	-1,8	2,0	0,0

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, обе расчетные методики не обеспечивают суммарной вероятности равной единице. Это объясняется, во-первых, ошибками округления, во-вторых, ошибкой аппроксимации сглаженной функции вероятности посадки пассажира в транспортное средство (2). Относительно же сравнения точности прогнозирования ВВПМС необходимо отметить, что методика, основанная на модели (1), предполагает учет среднего времени ожидания пассажира, следовательно, поминутное сравнение ВВПМС будет некорректным. Поэтому сравнение методик производилось по значениям ВВПМС за весь интервал наблюда-

емых значений времени ожидания, т.е. по итоговой колонке таблицы 1. Сравнение показывает, что применение методики, основанной на модели (1) приводит к ошибкам относительно экспериментальных данных от – 14,6 % до 3,9 %, а предлагаемой методики к ошибкам в диапазоне от – 4,4 % до 0,9 %. Предложенный метод прогнозирования распределения пассажирских корреспонденций является адекватным и позволяет за счет учета фактического времени ожидания пассажиром транспортного средства на остановке повысить точность прогноза на 5–10 %.

### Литература

1. Ke, Q. Passenger route choice model and algorithm in the urban rail transit network / Ke Qiao, Peng Zhao, Zhi-peng Qin // Journal of Industrial Engineering and Management. – 2013. – Vol. 6(1). – P. 113–123.

2. Ben-Akiva M. Discrete choice models with applications to departure time and route choice / Moshe E. Ben-Akiva, Michel Bierlaire. – Handbook of Transportation Science, 2003. – 32 p.

3. Raveau, S. Sequential and Simultaneous Estimation of Hybrid Discrete Choice Model (Some New Findings) / Sebastian Raveau, Ricardo Alvarez-Daziano, Maria Francisca Yanez // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2010. – Vol. 2156. – P. 131–139.

УДК 656.13

## ЛОГИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ ГОРОДА THE LOGISTIC MANAGE OF MATERIAL FLOWS' DISTRIBUTION CONSIDERING CITY'S PARAMETERS

*Галкин А.С.*, старший преподаватель кафедры  
транспортных систем и логистики; *Фиялко Н.А.*, студентка 5 курса  
факультета транспортных систем и технологий  
(Харьковский национальный университет городского хозяйства  
имени А.Н. Бекетова, Харьков)

*Galkin A.S.* Senior Lecturer of the Department  
Transport Systems and Logistics; *Fiyalko N.A.*, 5th year student of the of the  
Faculty of Transport Systems and Technologies  
(O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkov, Kharkov)

**Аннотация.** *Логистическое управление продвижением материальных потоков в различных городах в современных рыночных условиях, является*