

V. P. SLAVYCH

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Transport Systems and Technical Service
Kherson National Technical University
ORCID: 0000-0001-7882-4198

TRANSPORT SYSTEM MANAGEMENT MODEL IN THE CONDITIONS OF A REDUCTION IN THE NUMBER OF PASSENGERS OR CARRIERS

One of the key aspects of the efficient functioning of the transport system is the calculation of correspondence matrices that reflect the relationships between different points of transport routes. These matrices are the basis for planning and optimizing passenger transportation, allowing to assess passenger flows, the convenience of transfers and the time spent on movement between points. However, in conditions of a decrease in the number of passengers and/or carriers, there is a need to adjust existing models to maintain the efficiency of the transport network. The decrease in the number of passengers can be the result of various factors: economic changes, a decrease in demand for certain routes, natural or man-made disasters, as well as the consequences of global crises or military operations. In addition, a decrease in the number of carriers due to economic difficulties or financial constraints can lead to a reduction in the number of flights and a change in transportation schedules. In such conditions, the transport system must adapt to new realities, which requires accurate calculation and adjustment of correspondence matrices to ensure continuous operation and optimal use of limited resources. The purpose of the work is to develop models for calculating correspondence matrices that take into account the reduction in the number of both passengers and carriers, taking into account the new conditions of demand for transport services. Which in turn provides more accurate forecasting of passenger flows and more efficient use of limited transport network resources, taking into account the reduction in demand for certain routes and the limited number of available carriers. The model allows you to optimize the frequency of flights by changing the intervals between trips, as well as redistribute passenger flows between different routes, which allows you to maintain a high level of service under conditions of reduced transportation.

Key words: passenger transportation, correspondence matrix, route transportation.

В. П. СЛАВИЧ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних систем і технічного сервісу
Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0001-7882-4198

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ В УМОВАХ ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПАСАЖИРІВ АБО ПЕРЕВІЗНИКІВ

Одним із ключових аспектів ефективного функціонування транспортної системи є розрахунок матриць кореспонденцій, що відображають взаємозв'язки між різними точками транспортних маршрутів. Ці матриці є основою для планування та оптимізації пасажирських перевезень, дозволяючи оцінити потоки пасажирів, зручність пересадок та час, що витрачається на переміщення між пунктами. Однак, в умовах зменшення кількості пасажирів та/або перевізників виникає необхідність у коригуванні існуючих моделей для підтримки ефективності транспортної мережі. Зменшення кількості пасажирів може бути результатом різних факторів: економічних змін, зниження попиту на певні маршрути, природних чи техногенних катастроф, а також наслідків глобальних криз або військових дій. Крім того, зменшення кількості перевізників через економічні труднощі чи фінансові обмеження може спричинити скорочення кількості рейсів та зміну графіків перевезень. У таких умовах транспортна система повинна адаптуватися до нових реалій, що вимагає точного розрахунку та коригування матриць кореспонденцій для забезпечення безперервного функціонування і оптимального використання обмежених ресурсів. Метою роботи є розробка моделей розрахунку матриць кореспонденцій, які враховують зменшення кількості як пасажирів, так і перевізників, з урахуванням нових умов попиту на транспортні послуги. Що в свою чергу забезпечує точніше прогнозування пасажиропотоків та ефективніше використання обмежених ресурсів транспортної мережі, враховуючи зниження попиту на певні маршрути та обмежену кількість доступних перевізників. Модель дозволяє оптимізувати частоту рейсів, змінюючи інтервали між поїздками, а також перерозподіляти пасажирські потоки між різними маршрутами, що дозволяє зберегти високий рівень обслуговування за умов зменшення перевезень.

Ключові слова: пасажирські перевезення, матриця кореспонденцій, маршрутні перевезення.

Formulation of the problem

Calculating correspondence matrices in conditions of reduced passenger numbers requires adjusting passenger flow parameters, which allows for the effective adaptation of the transport system to new conditions. The decrease in the number of passengers leads to the necessity of revising the frequency of services, which affects transfer times and the intensity of connections between transport hubs. As a result of adjusting the intervals of movement, the number of transport units on the route, and the redistribution of passenger flows, there is a change in the structure of the correspondence matrix, which takes into account new demand and supply zones.

Mathematically, this can be achieved through modeling various scenarios of changes in passenger flows and their distribution among routes. New data on the decrease in the number of passengers and changes in routes are taken into account, allowing for the optimization of transportation, reduction of costs, and improvement of the efficiency of the transport network. Updated correspondence matrices help reduce unjustified resource expenditures and enhance convenience for the passengers remaining in the system, ensuring better adaptation of the transport infrastructure to new conditions.

Analysis of recent research and publications

The analysis of recent studies in the field of calculating correspondence matrices for passenger transport under conditions of reduced passenger numbers indicates the development of modeling and data processing methods for adaptation to new conditions. In particular, in [1], methods for forming such matrices are discussed, emphasizing the advantages of fuzzy logic models for obtaining reliable results with limited information.

In the work [3], a new modeling method is proposed that takes into account the interval concept of transport demand. This approach allows for the formation of a set of matrices that reflect possible states of demand, providing flexibility and adaptability of the model to changes in passenger flow. Such methods are particularly relevant in conditions of reduced passenger numbers, as they allow for a more accurate reflection of real conditions and effective planning of transport services.

The study [8] examines models for optimizing metro frequency considering social distancing measures during the pandemic. These models help assess the impact of various social distancing policies on operational and passenger costs, which is relevant in the context of reduced passenger numbers and the need to adapt transport services to new conditions.

The analysis of the works of foreign and domestic researchers has shown that different techniques and methods for calculating correspondence matrices are applied in various regions under conditions of reduced passenger numbers [2, 4–7].

These studies emphasize the importance of adapting methods for calculating correspondence matrices to changing passenger flow conditions, ensuring effective planning and management of transport systems.

Formulation of the purpose of the research

The purpose of the work is to develop models for calculating correspondence matrices that take into account changes in the number of passengers and/or the number of carriers, considering new conditions of demand for transport services. This approach involves the development of methods for adapting to reduced demand, optimizing service frequency, and maintaining the efficiency of transfers between different modes of transport.

Presentation of the main research material

Let us consider the transport network of a certain city, which consists of transport districts between which passengers move using public road transport.

For further considerations, we will assume that public transport is not divided into different types, but is represented by one type, for example, buses.

We will build a model and consider the method for calculating the passenger correspondence matrix under conditions of reduced passenger numbers, which may occur due to external constraints.

The decrease in the number of passengers may be the result of various factors: economic changes, a decrease in demand for certain routes, natural or man-made disasters, as well as the consequences of global crises or military actions.

We will introduce the necessary input and output parameters of the specified model for calculating the passenger correspondence matrix and group them in the form of table 1.

Then the calculation of passenger correspondence matrices under conditions of a decrease in the number of passengers, which occurs as a result of limiting the number of labor migrations in transport services, will be determined using the following expressions:

$$D_j = \beta \cdot \alpha \cdot (N_j - A_j),$$

$$Q_i = N_i \cdot \frac{\sum_{j=1}^M (\beta \cdot \alpha \cdot (N_j - A_j))}{N},$$

where α is the passenger capacity limitation coefficient and is determined by the dependence:

$$\alpha = \frac{P_{cuo}}{P},$$

$$P = P_{cuo} + P_{cmo}.$$

Table 1

Model parameters			
No.	Marking	Name	Unit of measurement
Input parameters			
1	l_{ij}	Distance between districts i and j	m
2	S_{mp}	Area of the transport district	m ²
3	N	Number of departure zones	units
4	M	Number of arrival zones	units
5	V_{nac}	Average passenger speed	m/s
6	I_{max}	Maximum vehicle movement interval	s
7	I_{min}	Minimum vehicle movement interval	s
8	N_i	Population of the transport area by departure i	persons
9	N_j	Number of jobs in the district upon arrival j	persons
10	N_{max}	Maximum population among all transport areas by departure i	persons
11	N_{min}	Minimum population among all transport areas by departure i	persons
12	N	City population	persons
13	β	Percentage of job vacancies	–
14	P_{emo}	Standing passenger capacity	persons
15	P_{cuo}	Passenger seating capacity	persons
16	A_j	Number of non-resident population of the jth district by arrival	persons
Output parameters			
17	k_j	Adjustment factor	–
18	Q_i	Capacity of the i-th district by departure	persons
19	D_j	Capacity of the jth district upon arrival	persons
20	c_{ij}	The coefficient of attraction of districts i and j	–
21	t_n	Average travel time	s
22	I	Vehicle movement interval	s

Now let us consider the method of calculating the matrix of passenger correspondences in conditions of a decrease in the number of carriers on routes.

Let us introduce additional necessary parameters, which are grouped in Table 2.

Table 2

Additional model parameters			
No.	Marking	Name	Unit of measurement
Input par#meters			
1	N_{ood0}	Initial number of drivers on the route	persons
2	N_{xoe}	Number of drivers who did not go on the route	persons
Intermediate parameters			
3	N_{ood}	Actual number of drivers on the route	persons
4	γ	Vehicle reduction factor on the route	–

Then the values of the required capacities for departures and arrivals will be determined by the following dependencies:

$$D_j = \gamma \cdot \beta \cdot \alpha \cdot (N_j - A_j),$$

$$Q_i = N_i \cdot \frac{\sum_{j=1}^M (\gamma \cdot \beta \cdot \alpha \cdot (N_j - A_j))}{N},$$

$$\gamma = \frac{N_{ood}}{N_{ood0}},$$

$$N_{ood} = N_{ood0} - N_{xe}.$$

Vehicle movement intervals for transport areas will also change, which will be determined using the expressions:

$$I_i = \frac{I_{max} - \frac{N_i - N_{min}}{N_{max} - N_{min}} \cdot (I_{max} - I_{min})}{\gamma}.$$

Then the travel time is found by the formula:

$$t_{n=} = \frac{\sqrt{S_{mp}}}{V_{nac}} \cdot \pi \cdot 120 + \frac{I_{\max} - \frac{N_i - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot (I_{\max} - I_{\min})}{2} + \frac{l_{ij}}{V_{mc}} \cdot 60.$$

Conclusions

Thus, the model for calculating passenger correspondence matrices, which takes into account the reduction in the number of passengers and/or the reduction in the number of carriers, allows adapting transport systems to new operating conditions. Such solutions will provide more accurate forecasting of passenger flows and more efficient use of limited transport network resources, taking into account the reduction in demand for certain routes and the limited number of available carriers. The model allows optimizing the frequency of flights by changing the intervals between trips, as well as redistributing passenger flows between different routes, which allows maintaining a high level of service under conditions of reduced transportation.

Bibliography

1. Білоус А. Б., Демчук І. А. Аналіз методів та моделей розрахунку обсягу пасажирських кореспонденцій. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2014. № 3(3). С. 53–57.
2. Горбачов П. Ф., Любий Є. В., Ковцур К. Г., Цинь Сяосюань. Щодо питання моделювання елементів матриць кореспонденцій в рамках інтервальної концепції формування моделей транспортного попиту. Напрямки розвитку технологічних систем і логістики в АПВ. Матеріали V-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (23 травня 2024). Харків : ДБТУ. 2024. С. 48–49.
3. Любий Є., Ковцур К., Цинь С. Постановка задачі випадкового заповнення матриці пасажирських кореспонденцій. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2024. № 2(23), С. 152–158.
4. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Вибір пасажирами шляхів пересування в містах : монографія. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 164 с.
5. Славич В. П., Лівандовський В. С. Модель системи управління пішохідним потоком міста. *Вісник ХНТУ*. 2021. № 2(77). С. 47–51.
6. Славич В. П., Марчук Н. В. Модель визначення пасажирських кореспонденцій м. Херсон в умовах зменшення кількості перевізників. *Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні Херсонщини* : матеріали Міжнародної наук.-практ. конф. Одеса, 2023. С. 316–318.
7. Чижик В. М. Розробка аналітичних моделей визначення часу очікування пасажирами маршрутного транспорту в містах : автореф. дис.... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2019. 20 с.
8. Konstantinos Gkiotsalitis, Oded Cats. Optimal frequency setting of metro services in the age of COVID-19 distancing measures. *Transportmetrica A: Transport Science*. 2022. Vol. 18, No 3. P. 807–827.

References

1. Bilous A. B., Demchuk I. A. (2014). Analiz metodiv ta modelei rozrakhunku obsiahu pasazhyrskykh korespondentsii. *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii*. 2014. № 3(3). P. 53–57.
2. Horbachov P., Liubiy Ye., Kovtsur K., & Qin X. (2024). On the issue of modeling the elements of OD-matrices within the framework of interval concept of transport demand models forming. *Napriamky rozvytku tekhnolohichnykh system i lohistyky v APV. Materialy V-yi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii* (23 travnia 2024). Kharkiv : DBTU. P. 48–49.
3. Liubiy Ye., Kovtsur K., Tsyn S. (2024). Postanovka zadachi vypadkovoho zapovnennia matrytsi pasazhyrskykh korespondentsii. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti*. 2024. № 2(23), P. 152–158.
4. Ponkratov D. P., Falets'ka H. I. (2015). *Vybir pasazhyramy shlyakhiv peresuvannya v mistakh* : monohrafiya. Kharkiv : KHNUMH im. O. M. Beketova, 164 p.
5. Slavych V. P., Livandovskyi V. S. (2021). Model systemy upravlinnia pishokhidnym potokom mista. *Visnyk KhNTU*. 2021. № 2(77). P. 47–51.
6. Slavych V. P., Marchuk N. V. (2023). Model vyznachennia pasazhyrskykh korespondentsii m. Kherson v umovakh zmenshennia kilkosti pereviznykiv. *Synerhiia nauky i biznesu u povoiennomu vidnovlenni Khersonshchyny* : materialy Mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. Odesa, 2023. P. 316–318.
7. Chyzhyk V. M. (2019). *Rozrobka analitychnykh modelei vyznachennia chasu ochikuvannia pasazhyramy marshrutnoho transportu v mistakh* : avtoref. dys.... kand. tekhn. nauk : 05.22.01. Kharkiv, 2019. 20 p.
8. Konstantinos Gkiotsalitis, Oded Cats. (2022). Optimal frequency setting of metro services in the age of COVID-19 distancing measures. *Transportmetrica A: Transport Science*. 2022. Vol. 18, No 3. P. 807–827.