

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МІЖМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Доля К. В.

1. Вступ

Роль транспорту і його інфраструктури важко переоцінити в загальній системі економічних відносин будь-якого суспільства. Відносини між юридичними або фізичними особами, їх розвиток і багатогранність в значній мірі базується на інформаційних, матеріальних, фінансових і інших потоках. При цьому фізичні зміни місце знаходження людей мають велике значення. Для цього формуються і функціонують поширені системи пасажирських перевезень. Ці системи складаються з окремих підсистем різних видів транспорту, які сумісно працюють і конкурують на ринку послуг по пересуненню населення. Від того, наскільки ефективно та якісно функціонують ці системи, в значній мірі залежить надійність виробничих, культурних і інших процесів в суспільстві [1–3].

Слід відзначити, що пасажирські транспортні системи втілюють в собі виробничі потужності з їх інфраструктурою з однієї сторони і людей, пасажирів, з іншої. Якщо зацікавленість перших полягає в економічних інтересах, в отриманні максимальних прибутків, то інша сторона, а саме люди, зацікавлені в швидкій, зручній і дешевій транспортній послугі. Тобто, якщо перші намагаються отримати максимальні доходи від перевезень при мінімумі витрат, що потребує підвищеної вартості проїздів, то люди бажають дешевої і надійної послуги. Це протиріччя на перший погляд гальмує взаємодію перевізників і пасажирів, а з іншого боку забезпечує боротьбу протилежностей, що є рушійною силою будь-якого розвитку [3–5].

На різних етапах розвитку пасажирського транспорту науковці і практики прямували до такого компромісу своїх прагнень, при якому процес перевезень забезпечував задоволення економічних інтересів перевізників з одного боку. А з другого боку процес перевезень був би доступним, надійним і відповідав купівельній спроможності людей. Пошук різних варіантів технологій взаємодії суспільства з транспортною галуззю постійно відбувається в етапі пошуку найкращих можливих методів організації перевезень. Цей процес перманентний, він ґрунтується на аналітичних, експериментальних і навіть інтуїтивних підходах. Тому будь-які дослідження стосовно поліпшення методів організації пасажирських перевезень є актуальними [2, 6–8].

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єкт дослідження – сучасна міжміська пасажирська транспортна система в Україні. В даному дослідженні розглядаються міжміські пасажирські транспортні кореспонденції, які сформувались в існуючій системі.

Одним з найбільш проблемних місць є дослідження фактичних значень сталих міжміських кореспонденцій, яке полягає в отриманні донині не визначе-

них корегувальних коефіцієнтів, що використовуються в розрахунку потенційної кореспонденції між містами. Отримані знання надають змогу в застосуванні розглянутого методу розрахунків кореспонденції між містами по відношенню до ринку пасажирських перевезень в Україні. Технологічний аудит проводився на транспортній мережі шляхом збору статистичної інформації.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є формалізація алгоритму математичного моделювання транспортного процесу міжміських пасажирських перевезень.

Для досягнення мети дослідження потрібно вирішити наступні задачі:

1. Сформулювати цільову функцію удосконалення міжміських пасажирських перевезень.
2. Математично описати складові цільової функції.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Протягом останніх десятиріч дослідження міжміських пасажирських транспортних систем, для моделювання їх функціонування, випробовували різні підходи [9–13]. Деякі вчені вважали, що найкращою пасажирською транспортною системою є така система, яка забезпечує мінімальні витрати на перевезення, а саме:

$$\sum_{i=1}^n B_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де B_i – витрати i -го транспортного підприємства на перевезення пасажирів; n – кількість транспортних підприємств.

При цьому визначалась умова, що всі пасажирів мають бути перевезені своєчасно із установленим рівнем зручності, тобто:

$$\sum_{ij} H_{ij} \rightarrow \text{const}(\text{задоволені}), \quad (2)$$

де H_{ij} – кореспонденції з будь-якого пункту відправлення i в будь-який пункт призначення j .

Зручність поїздки здебільш була обумовлена тим, що заповнення салонів γ_i транспортних засобів в кожному окремому з них має не перевищувати припустимі величини γ_{\max} :

$$\gamma_i \leq \gamma_{\max}. \quad (3)$$

Оскільки ціна за проїзд визначалася купівельною спроможністю населення і іншими маркетинговими показниками, то доходи від перевезень приймались будь-якими. Такий підхід поклав на перевізників зобов'язання перевести всіх пасажирів з обумовленим рівнем зручності. При цьому, щоб досягти максимум

прибутків, транспортні підприємства використовували такі технології, які забезпечували мінімум витрат на здійснення процесу перевезення.

Певний період в оцінці функціонування пасажирських транспортних систем панував підхід, при якому перед усім вважалося забезпечення максимальної соціальної складової. А саме, загальні витрати часу громадян на пересування мали бути мінімальними [12, 14, 15]:

$$\sum_{ij} H_{ij} T_{nij} \rightarrow \min, \quad (4)$$

де H_{ij} – кореспонденції з будь-якого пункту відправлення i в будь-який пункт призначення j ; T_{nij} – визначений час руху з i в j .

Однак при цьому мали місце обмеження: провізні можливості транспортних засобів є обмеженими і постійними:

$$\sum_{i=1}^m A_i V_i T_{nij} \rightarrow \text{const}, \quad (5)$$

де A_i – кількість i -х транспортних засобів; V_i – експлуатаційна швидкість транспортних засобів; T_{nij} – період використання i -х транспортних засобів для задоволення всіх перевезень.

В сучасному періоді розвитку цивілізаційних відносин [16] набуває підхід, що ґрунтується на ствердженні, що найкращою технологією перевезень пасажирів є така, яка при всіх існуючих обмеженнях мінімально стомлює пасажирів. Обґрунтована гіпотеза, що пасажир не зовсім точно визначає і звертає увагу на тривалість поїздки і її зручність. Його підсвідомість в деякій мірі поєднує в собі ці параметри. Пасажир втомлюється і ця втома і визначає для нього привабливість поїздки. Визначено, що більш тривала поїздка, але з більшими зручностями, більше приваблює пасажирів і їй віддається пріоритет.

В цьому випадку цільова функція має вигляд:

$$\sum_{i,j,k} H_{ijk} (IFL)_{ijk} \rightarrow \text{const}, \quad (6)$$

де TFL_{ij} – рівняння транспортної втоми k -го пасажирів, що прямує з i в j .

При цьому накладаються обмеження, як і у попередніх випадках, а саме:

- перевізні можливості транспортних засобів стала і обмежена;
- всі пасажирів перевозяться своєчасно і з мінімальним коефіцієнтом використання пасажиромісткості γ ;
- ціноутворення, як і у попередніх випадках визначається маркетинговими параметрами.

В різні періоди дослідники [17, 18] встановили залежність від рівня транспортної втоми пасажирів і продуктивністю їх виробничої діяльності. Збільшен-

ня TFL_{ij} – рівняння транспортної втоми k -го пасажера, що прямує з i в j , знижує продуктивність його діяльності P_{ijk} на певний відсоток, тобто:

$$P_{ijk} = f(IFL)_{ijk}. \quad (7)$$

Врахування такої функціональної залежності дозволило трактувати наведену цільову функцію в більш поширеному вигляді:

$$\sum_{ijk} H_{ijk} P_{ijk} \rightarrow \min. \quad (8)$$

Наведена сукупність наукових підходів до удосконаленої системи пасажирських перевезень дозволяє зробити висновок, що розгляд функціонування згаданої системи з різних соціальних і економічних позицій може бути поєднаний.

5. Матеріали дослідження

Наведена модель розрахунків транспортних кореспонденцій і шляхів сполучення пасажирів між будь-якими парами міст дозволяє визначити потоки пасажирів на сукупності маршрутів по ланцюгах їх формування. Для оцінки адекватності запропонованого наукового підходу проводились натурні виміри по маршрутних потоках пасажирів на ділянках трас маршрутів (табл. 1).

Таблиця 1

Співставлення діючих і розрахованих пасажиропотоків на ділянках транспортної мережі

Вид транспорту	Дуга мережі	Пасажиропотоки, пас/доб		Різниця	Відхилення, %
		Натурні F_H	Розраховкові F_P		
Залізничний	16–28	372	352	20	5,38
Залізничний	34–12	4212	4316	104	2,71
Залізничний	08–63	2068	1824	244	11,80
Залізничний	09–14	916	1020	104	11,36
Залізничний	07–79	3076	2988	88	2,86
...
Автомобільний	16–28	124	118	6	4,84
Автомобільний	34–12	482	498	16	3,32
Автомобільний	08–63	338	321	17	5,03
Автомобільний	09–14	96	102	6	6,25
Автомобільний	07–79	412	436	24	5,83
...

Порівняння натурних і теоретичних величин пасажиропотоків на ланцюгах транспортної мережі здійснювалось за критерієм відносної помилки $\varepsilon\varepsilon$.

$$\varepsilon\varepsilon = \frac{|F_P - F_H| \cdot 100}{F_H}, \quad (9)$$

де F_P та F_H – розрахунковий та натурний пасажиропотоки відповідно, пас/доб.

Відносно маршрутів залізничного транспорту відносна помилка $\varepsilon\varepsilon_T$ складала 5,83 %, маршрутів автомобільного транспорту $\varepsilon\varepsilon_{ав}$ складала 4,18 %. При цьому на залізничному транспорті відносна помилка у швидкісних і звичайних маршрутах відрізнялась і потребує додаткових уточнень.

Цільова функція удосконалення міжміських пасажирських перевезень полягає в максимізації KO – корисності дії заданої системи, а саме:

$$KO = D_c B_c \rightarrow \max, \quad (10)$$

де D_c – доходи системи; B_c – витрати системи.

В свою чергу доходи B_c системи – це:

$$B_{\pi} = \sum_{ijk} H_{ijk} (PR)_{ijk}, \quad (11)$$

де $(PR)_{ijk}$ – вартість проїзду з i в j k -го пасажира.

Витрати системи:

$$B_c = B_F + B_{\pi}, \quad (12)$$

де B_F – витрати транспортних підприємств; B_{π} – недоотриманий дохід пасажирів в наслідок їх транспортної втоми.

В свою чергу, витрати системи складаються з недоотриманого доходу сукупності пасажирів в наслідок їх транспортної втоми B_w , сумарної оплати за транспортну роботу з урахуванням бюджетних доплат B_v та витрат транспортних підприємств B_F .

$$B_c = B_w + B_v + B_F. \quad (13)$$

При цьому:

$$B_w = \sum_{ijk} H_{ijk} P_{ijk} ND_k. \quad (14)$$

де ND_k – частка національного доходу, яка припадає на k -го пасажира за добу.

$$B_v = \sum_{ijk} H_{ijk} (PR)_{ijk}, \quad (15)$$

де PR – зведена вартість проїзду k -го пасажира з i в j з урахуванням бюджетних доплат.

$$B_F = \sum_{ijk} H_{ijk} S_{ijk}, \quad (16)$$

де S_{ijk} – собівартість перевезень k -го пасажира з i в j .

Відносно пасажирських транспортних технологій доходи системи це грошові витрати пасажирів за проїзд. Тобто витрати пасажирів – це і є доходи системи D_c

$$D_c = B_v = \sum_{ijk} H_{ijk} (PR)_{ijk}. \quad (17)$$

В цілому:

$$KO = \left(\sum_{ijk} H_{ijk} S_{ijk} + \sum_{ijk} P_{ijk} ND_k \right) \rightarrow \min. \quad (18)$$

Для визначення розміру транспортних кореспонденцій між містами ітерації і поглинання може використовуватись відомий принцип гравітаційних моделей. А саме:

$$H_{ij} = \frac{H_{ni}^{x_1} H_{nj}^{x_2} K_j d_{ij}}{\sum_{i=1}^n H_{nj}^{x_2} K_j d_{ij}}, \quad (19)$$

де K_j – балансувальний коефіцієнт.

$$d_{ij} = \frac{1}{L_{ij}^{x_3}}, \quad (20)$$

де L_{ij} – відстань між містами i та j ; x_3 – показник ступені функції, що потребує досліджень в кожному конкретному випадку.

Або

$$d_{ij} = \frac{1}{T_{ij}^{x_3}}, \quad (21)$$

де T_{ij} – час пересунення між містами i та j ; x_3 – показник ступені функції, що потребує досліджень в кожному конкретному випадку.

Функція тяжіння у гіперболічному вигляді може бути уточнена по залежності:

$$d_{ij} = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} e^{\frac{t x_{ij}^3}{(2\delta)^2}} \text{ або } d_{ij} = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} e^{\frac{t x_{ij}^3}{(2\delta)^2}}. \quad (22)$$

Для уточнення функції тужіння між містами i та j можна використовувати натурні спостереження, при яких відносно міста відправлення i та прибуття j наступні параметри:

- кількість населення в містах i та j ;
- сумарна добова кількість мешканців, що виїжджають з i та прибувають в j за добу;
- відстань між i та j і в той же час термін пересування и i та j на мережі діючих маршрутів;
- розрахункова кількість H_{ij} за різними показниками x_3' та x_3'' ;
- кількість H_{ij} за добу за спостереженнями, які можна ґрунтувати на звітних показниках по продажу квитків.

Співставлення розрахункових H_{ij} та H_{ij} за спостереженнями по величині абсолютного та ймовірного відхилення можна зробити висновок стосовно доцільності використання показників x_3' та x_3'' в моделях визначення d_{ij} .

6. Результати дослідження

Для моделювання пасажиропотоків між містами i та j не достатньо знати кореспонденції між ними H_{ij} . Треба врахувати те, що вони можуть реалізовуватися різними маршрутами, різних видів транспорту. При цьому пасажир вибирає той чи інший маршрут з урахуванням його привабливості. Функція привабливості маршруту Z відносно інших можливих маршрутів залежить від часу руху на цьому маршруті, вартості проїзду, та зручності перебування у салоні:

$$f_z = f\left(\left(\tau_z; \tau_{cep}\right); \left(PR_z; PR_{cep}\right); \left(IFL_z; IFL_{cep}\right)\right), \quad (23)$$

де τ_z та τ_{cep} – відповідно час руху на маршруті Z та середній час руху на альтернативних маршрутах;

PR_z та PR_{cep} – відповідно ціна за проїзд на маршруті Z та середня на альтернативних маршрутах;

IFL_z та IFL_{cep} вимірюють як рівень втоми пасажирів на маршруті Z і середній на альтернативних маршрутах.

Разом з цим значення функції привабливості f_z та вага її складових залежить від їх співвідношень:

$$f_z = \frac{\tau_{cep} k_{\tau} PR_{cep} k_{PR} (IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z PR_z (IFL)_z}, \quad (24)$$

де k_{PR} , k_{IFL} , k_τ – відповідно коефіцієнти, що враховують вагу відповідного параметру.

При цьому в залежності від того, в який період доби відбувається поїздка, в день чи в ночі, то і змінюються пріоритети. Наприклад, вдень має місце перевага k_τ , а вночі k_{IFL} . Значення цих коефіцієнтів залежить від стану суспільства, його купівельній спроможності, сезону, тощо і мають уточнювати спеціальними соціологічними дослідженнями. Будь-які транспортні кореспонденції H_{ij} розподіляються по альтернативним маршрутам. При цьому на маршруті Z тяжіє лише частка H_{ij} .

$$H_{ijz} = \frac{f_z}{\sum_{z=1}^r f_z} H_{ij}, \quad (25)$$

де r – кількість альтернативних маршрутів.

В цьому випадку:

$$H_{ijz} = \frac{\frac{\tau_{cep} k_\tau (PR)_{cep} k_{PR} (IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z (PR)_z (IFL)_z} f_z}{\sum_{z=1}^r \left(\frac{\tau_{cep} k_\tau (PR)_{cep} k_{PR} (IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z (PR)_z (IFL)_z} \right)} H_{ij}. \quad (26)$$

Наведена кількість транспортних кореспонденцій на кожному маршруті Z H_{ijz} це лише розрахункова величина. Вона відображає попит і може бути реалізована при певній пропозиції. Тобто має бути такі пропозиції потужностей маршрутів при котрих ці кореспонденції можуть бути реалізовані. Будь-які значні відхилення від раціональної величини пропозиції або попиту можуть негативно позначитися на транспортному процесі. Це визначає доцільність моделювання функціонування маршрутів таким чином, щоб мати можливість визначати функціональний зв'язок між потребами в перевезенні H_{ij} та пропозицією на перевезення, які можуть бути представлені як провізні можливості.

Провізні можливості на маршруті PM_z здебільш виражаються формулою:

$$HM_z = \zeta_z A_i V_i T_{nij}, \quad (27)$$

де ζ_z – пасажировмісність транспортних засобів на маршруті Z ; A_i – кількість i -х транспортних засобів; V_i – експлуатаційна швидкість транспортних засобів; T_{nij} – період використання i -х транспортних засобів для задоволення всіх перевезень.

Бажано, щоб можлива W_{zm} та потрібна транспортна робота W_{zp} на маршруті Z , відповідала перевізній можливості i :

$$W_{zp} = \sum_{ij} H_{ijz} L_{ij} = \sum_{z=1}^r g_z A_z V_z T_p, \quad (28)$$

де L_{ij} – відстань між містами i та j ; T_p – період використання i -х транспортних засобів для задоволення всіх перевезень; H_{ij} – кореспонденції з будь-якого пункту відправлення i в будь-який пункт призначення j .

В свою чергу транспортні кореспонденції H_{ij} можуть розподілятися між альтернативними маршрутами пропорційно їх альтернативної пропозиції, тобто:

$$H_{ijz} = \frac{H_{ij} g_z A_z V_z}{\sum_{z=1}^r g_z A_z V_z}. \quad (29)$$

З урахуванням впливу на H_{ijz} функцій тяжіння сукупностей маршрутів Z , що з'єднують i та j наведена функція набуває вигляд:

$$H_{ijz} = \frac{H_{ij} g_z A_z V_z \frac{\tau_{cep} k_{\tau}(PR)_{cep} k_{PR}(IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z(PR)_z (IFL)_z}}{\sum_{z=1}^r g_z A_z V_z \frac{\tau_{cep} k_{\tau}(PR)_{cep} k_{PR}(IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z(PR)_z (IFL)_z}}. \quad (30)$$

Разом з цим на маршрутах міжміського пасажирського сполучення існує декілька пунктів відправлення та прибуття пасажирів (рис. 1).

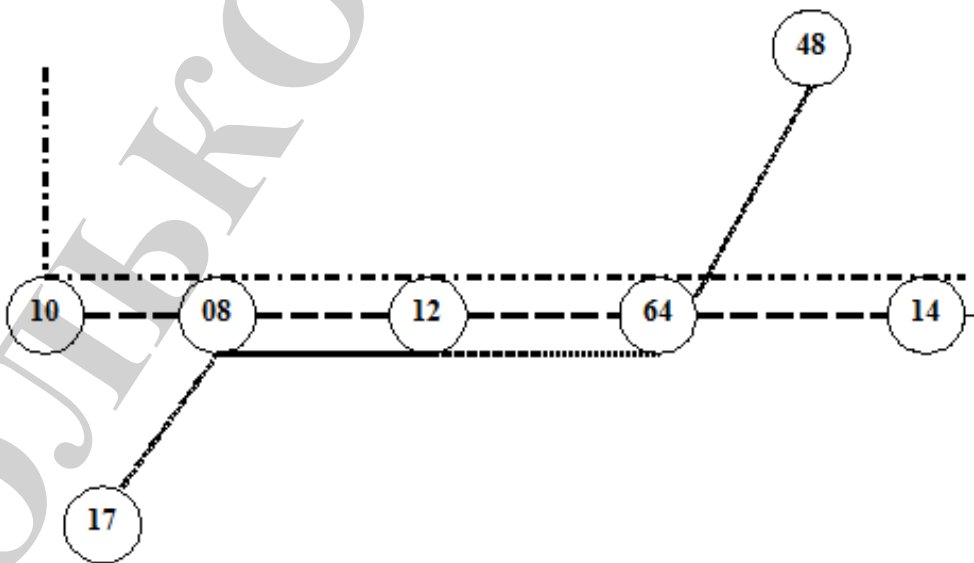


Рис. 1. Фрагмент маршрутної мережі

Зрозуміло, що міста прибуття j або відправлення i пасажирів розташовані на транспортній мережі так, що маршрути дублюються частково або повністю. При цьому ринкові механізми будуть діяти таким чином, щоб попит і пропозиція на альтернативних маршрутах вирівнювались, тобто транспортна робота W_z запропонована на маршруті Z відповідає потенційно можливій W_{Mz} на цьому маршруті. Запропоновану транспортну роботу на маршруті Z можна представити як провізну можливість, тобто:

$$W_{3z} = g_z A_z V_z T_c, \quad (31)$$

де T_c – час руху транспортних засобів на маршруті.

Можлива транспортна робота на маршруті залежить від H_{izj} . В цьому випадку мають місце лише пари i та j , які мають місце на маршруті Z , що розглядається, а є лише ті кореспонденції H_{ij} , які припадають на маршрут Z .

Відповідність запропонованої та можливої транспортної роботи на сукупності маршрутів може бути якоюсь сталою константою ε . Тобто на будь-якому маршруті Z :

$$W_{MZ} = \sum_{iz,jz} H_{iz,jz} L_{z,jz}, \quad (32)$$

або

$$W_{MZ} = \sum_{z,jz} \frac{H_{z,jz} g_z A_z V_z \frac{\tau_{cep} k_\tau (PR)_{cep} k_{PR} (IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z (PR)_z (IFL)_z}}{\sum_{z=1}^r g_z A_z V_z \frac{\tau_{cep} k_\tau (PR)_{cep} k_{PR} (IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z (PR)_z (IFL)_z}} L_{z,jz}. \quad (33)$$

Використовуючи гіпотезу, що співвідношення ε видів транспорту є сталою величиною, параметри маршрутів q_z ; A_z ; V_{ez} можна визначити із залежності:

$$\frac{W_{MZ}}{W_{3z}} \rightarrow const = \varepsilon, \quad (34)$$

$$\frac{1}{g_z A_z V_z T_c} \left(\sum_{z,jz} \frac{H_{z,jz} g_z A_z V_z \frac{\tau_{cep} k_\tau (PR)_{cep} k_{PR} (IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z (PR)_z (IFL)_z}}{\sum_{z=1}^r g_z A_z V_z \frac{\tau_{cep} k_\tau (PR)_{cep} k_{PR} (IFL)_{cep} k_{IFL}}{\tau_z (PR)_z (IFL)_z}} L_{z,jz} \right) = \varepsilon. \quad (35)$$

Схема алгоритму моделювання функціонування системи міжміських пасажирських маршрутів з метою визначення їх параметрів, що визначають тяжіння потенціальних пересувань між парами транспортних районів представлено на рис. 2.

Наведені послідовності моделювання, які представлені на рис. 2, дозволяють послідовно сформулювати масив маршрутів міжміського пасажирського транспорту з визначенням їх параметрів:

- траси маршруту;
- кількості і пасажиромісткості транспортних засобів;
- швидкості сполучення;
- пасажирські транспортні корисності, які обумовлюють по маршрутні об'єми перевезень, тощо.

математичний опис топологічної схеми маршрутів
визначенн ємкості міст по відправленню і прибуттю пасажирів
розрахунок матриці найкоротших відстаней по довжині і часу по дугах
розрахунок масивів відстаней
козрахунок матриці кореспонденції
розрахунок транспортних пасажиропотоків
формування бази маршрутів
розрахунок інтегральних пасраметрів маршрутної системи
розрахунок параметрів окремих маршрутів, що входять в загальний перелік мможливих маршрутів
вибраковка маршрутів і перерахунок параметрів залишених маршрутів
остаточні формування схеми маршрутів, обґрунтування висновків і рекомендацій

Рис. 2. Схема алгоритму моделювання функціонування міжміської пасажирської транспортної системи

Наступним кроком може бути перевірка параметрів функціонування транспортної мережі відносно загального часу руху пасажирів на мережі:

$$\sum_{iz, jz} H_{iz, jz} r_{ijz} \rightarrow \min. \quad (36)$$

Для цього можна скористатися тим, що попередні розрахунки містять в собі масив H_{ijz} , перелік маршрутів Z і час руху транспортних засобів по дугах маршрутної мережі. Поетапно, в діалоговому режимі, спираючись на проміжні

розрахунки «вибраковку недоцільних маршрутів», можна зробити висновок про задоволення системи маршрутів міжміського пасажирського транспорту по мінімізації часу руху пасажирів. Аналогічний підхід можна застосувати для перевірки параметрів маршрутної мережі по мінімізації транспортної втоми пасажирів. Для цього достатньо використати параметри дії мережі у проміжних розрахунках.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Серед сильних сторін даного дослідження можна віднести доведення можливості застосування обраної моделі до системи міжміських пасажирських перевезень в Україні. Отримано нові відомості про моделювання транспортних маршрутних систем з перевезення пасажирів між містами в межах дослідженої системи. На користь даного ствердження свідчать сучасні наукові досягнення, викладені в розглянутій літературі. Саме з даних обставин в практичних умовах використання моделей прогнозування параметрів функціонування системи є доцільним. Використання отриманих даних відносно оптимальних значень винайдених засобів забезпечує можливість забезпечення врахування якісних показників функціонування та планування параметрів розглянутої транспортної системи. З урахуванням наведеного отримано нові відомості про досліджену систему, в частині планування показників функціонування параметрів функціонування транспортної системи з перевезення пасажирів на загальних маршрутах між містами. Отримані результати можна використовувати для проведення розрахунків з перевезень пасажирів між містами в Україні. Це вигідніше в порівнянні з аналогами завдяки:

- забезпеченню врахування соціально-економічних характеристик населення України;
- можливому збільшенню продуктивності за рахунок оптимізації використання маршрутної мережі;
- задоволенню економічних інтересів транспортної галузі виробництва.

Weaknesses. До недоліків проведеного дослідження та отриманих результатів можна віднести незабезпечення врахування факту наявної пасажирської кореспонденції між містами, які реалізуються з використанням легкових транспортних засобів. Однак, слід зазначити, що метою роботи було визначено вивчення кореспонденції пасажирів, яка реалізується на маршрутах загального користування. Також, під час отримання даних щодо сталих кореспонденцій не було враховано коливання кореспонденцій пов'язані із сезонними змінами в рухливості населення. Разом із цим в роботі забезпечено врахування соціально-економічного стану пасажирів. Слід визначити, що впровадження в пасажирську транспортну систему отриманих результатів дослідження не нестиме додаткових фінансових навантажень на транспортні підприємства або пасажирів.

Opportunities. Точно розраховане значення пасажирської міжміської транспортної кореспонденції на маршрутах загального користування надає можливість забезпечити планування взаємодії між системами різних видів транспорту. Для забезпечення потреб населення країни в задоволенні потреб її мешканців з пересування в межах дослідженої системи. Одночасно мається можливість під-

вищення якості фінансових потоків виробництв за рахунок оптимізації розподілу ресурсів в часі по всій пасажирській системі.

Threats. Є труднощі, пов'язані із застосуванням отриманих результатів дослідження. Це пов'язано із тим, що застосування одержаних результатів потребує модернізації існуючої інфраструктури транспорту. Можливе настання такого стану системи, при якому вона вимагатиме від транспортних підприємств надання більших об'ємів транспортних послуг.

8. Висновки

1. Сформульовано цільову функцію удосконалення міжміських пасажирських перевезень, яка на відміну від запропонованих іншими дослідниками забезпечує врахування соціально-економічного стану у суспільстві. Запропонований підхід базується на математичному описі сумісної діяльності не тільки маршрутів, а й їх впливі на суспільну діяльність, враховуючи транспортну втому.

2. Отримано послідовність і зміст досліджень раціональних параметрів міжміської пасажирської системи, які можуть використовуватися в аналогічних формалізаціях дії згаданої системи в розгляді міжнародних маршрутних систем. При цьому транспортні системи низки країн можуть модульно складати загальну систему території, що об'єднується по будь-якому принципу.

Сформована транспортна система міжміського пасажирського транспорту спирається на сучасні досягнення науки і практики, враховує закономірності розподілу транспортних кореспонденцій між містами від транспортної мережі, функції тяжіння між містами, кількості мешканців і купівельної спроможності.

Література

1. Khan, A. M. II. Intercity passenger transportation: energy efficiency and conservation case study [Text] / A. M. Khan // *Transportation Planning and Technology*. – 1981. – Vol. 7, № 1. – P. 1–9. doi:10.1080/03081068108717200
2. Seedat, I. Implementing the 2007 Public Transport Strategy and Action Plan [Text] / I. Seedat // *Civil Engineering*. – 2007. – P. 13–16.
3. Crozet, Y. The Prospects for Inter-Urban Travel Demand [Text] / Y. Crozet // *The Future for Interurban Passenger Transport*. – 2010. – P. 57–94. doi:10.1787/9789282102688-3-en
4. Nokandeh, M. M. Determination of Passenger-Car Units on Two-Lane Intercity Highways under Heterogeneous Traffic Conditions [Text] / M. M. Nokandeh, I. Ghosh, S. Chandra // *Journal of Transportation Engineering*. – 2016. – Vol. 142, № 2. – P. 4015040. doi:10.1061/(asce)te.1943-5436.0000809
5. Joseph, P. Schwieterman [Text] / P. Joseph // *Michigan Historical Review*. – 2016. – Vol. 42, № 1. – P. 110–111. doi:10.5342/michhistrevi.42.1.0110
6. Borndörfer, R. Integrated Optimization of Rolling Stock Rotations for Intercity Railways [Text] / R. Borndörfer, M. Reuther, T. Schlechte, K. Waas, S. Weider // *Transportation Science*. – 2016. – Vol. 50, № 3. – P. 863–877. doi:10.1287/trsc.2015.0633
7. Li, T. A Demand Estimator Based on a Nested Logit Model [Text] / T. Li // *Transportation Science*. – 2016. – P. 41–59. doi:10.1287/trsc.2016.0671

8. Prasolenko, O. The Human Factor in Road Traffic City [Text] / O. Prasolenko, O. Lobashov, A. Galkin // International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems. – 2015. – Vol. 1, № 3. – P. 77–84.
9. Grigorova, T. Transport Fatigue Simulation of Passengers in Suburban Service [Text] / T. Grigorova, Yu. Davidich, V. Dolya // International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems. – 2015. – Vol. 1, № 2. – P. 87–99.
10. Grigorova, T. Assessment of elasticity of demand for services of suburban road passenger transport [Text] / T. Grigorova, Yu. Davidich, V. Dolya // Technology audit and production reserves. – 2015. – № 3/2 (23). – P. 13–16. doi:10.15587/2312-8372.2015.44768
11. Park, M. Regional Freight Demand Estimation Using Korean Commodity Flow Survey Data [Text] / M. Park, J. Hahn // Transportation Research Procedia. – 2015. – Vol. 11. – P. 504–514. doi:10.1016/j.trpro.2015.12.042
12. Andronov, A. On Nonlinear Regression Model for Correspondence Matrix of Transport Network [Text] / A. Andronov, D. Santalova // Selected papers of the The XIII International Conference «Applied Stochastic Models and Data Analysis» (ASMDA-2009). – Vilnius, 2009. – P. 90–94.
13. Baik, H. Forecasting Model for Air Taxi, Commercial Airline, and Automobile Demand in the United States [Text] / H. Baik, A. Trani, N. Hinze, H. Swingle, S. Ashiabor, A. Seshadri // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2008. – Vol. 2052. – P. 9–20. doi:10.3141/2052-02
14. Wu, C. Airport attractiveness analysis through a gravity model: A case study of Chubu International Airport in Japan [Text] / C. Wu, J. Han, Y. Hayashi // Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies The 9th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies. – 2011. – Vol. 8. – 8 p.
15. Vrtic, M. Two-dimensionally constrained disaggregate trip generation, distribution and mode choice model: Theory and application for a Swiss national model [Text] / M. Vrtic, P. Fröhlich, N. Schüssler, K. W. Axhausen, D. Lohse, C. Schiller, H. Teichert // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2007. – Vol. 41, № 9. – P. 857–873. doi:10.1016/j.tra.2006.10.003
16. Rwakarehe, E. E. Development of a Freight Demand Model for the Province of Alberta Using Public Sources of Data [Text] / E. E. Rwakarehe, M. Zhong, J. Christie // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 138. – P. 695–705. doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.263
17. Fornalchyk, Ye. The Model of Correspondence of Passenger Transportation on the Basis of Fuzzy Logic [Text] / Ye. Fornalchyk, A. Bilous, I. Demchuk // Econtechmod. An International Quarterly Journal. – 2015. – Vol. 04, № 2. – P. 59–64.
18. Dolya, C. Modeling of passenger transport correspondence between regional centers in Ukraine [Text] / C. Dolya // Technology audit and production reserves. – 2017. – № 1/2 (33). – P. 44–48. doi:10.15587/2312-8372.2017.93458