

УДК 656.211.5

Журба О.О., здобувач (УкрДАЗТ)

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ УЗГОДЖЕННЯ ГРАФІКУ ПІДВОДУ РУХОМОГО СКЛАДУ РІЗНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ ДО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОКЗАЛУ

Вступ та актуальність теми. Задача організації логістики пересадок на пасажирському залізничному терміналі тісно пов'язана з реалізацією технології узгодженого підводу рухомого складу різних видів транспорту для обслуговування попиту пасажирів. Вирішення поставленої задачі є актуальним в умовах здійснення пересадок пасажирів з пасажирських в приміські поїзди, трамваї, автомобільний міський транспорт, в електропоїзди метрополітену у вечірній період часу коли частота руху значно зменшується або навпаки. Це в свою чергу дозволить за рахунок зменшення очікування прибуття бажаного виду транспорту розвантажити привокзальну площу та підвищити комфорт пасажирів під час здійснення пересадки. Як наслідок, гарантійне забезпечення варіанту пересадки в межах директивних строків дозволить реалізувати інтермодальні перевезення пасажирів на основі концепції “єдиного квитка”.

Постановка задачі. Для рішення поставленої задачі запропоновано використати моделі теорії розкладу (Schedule theory) [1] на основі методів еволюційного моделювання, зокрема генетичних алгоритмів [2]. В межах реалізації інтермодальних перевезень пасажирів основною перевагою залізничного транспорту є чіткість графіку руху, тоді як міського транспорту – гнучкість розкладу [3]. Відповідно до цього в роботі запропоновано при ув'язці розкладів взаємодії різних видів транспорту у вузлі взяти за незмінну вимогу час прибуття та відправлення пасажирського поїзда. Згідно до поставлених умов рішенням задачі узгодження є складений розклад прибуття та відправлення рухомого складу міського транспорту для процесу пересадки пасажирів в межах директивного терміну.

Вирішення задачі. Для формалізації поставленої задачі слід розглянути систему, що складається з m рухомого складу (електропоїзд приміського руху або метрополітену, трамвай, маршрутний автобус, таксі),

який заплановано використовувати при перевезенні пасажирів, $m = \overline{1, M}$. Послідовно занумеруємо також i -ту нитку графіку прибуття та відправлення пасажирських поїздів до залізничного вокзалу, як вимоги з числами від 1 до n . До кожної i -ї нитки прибуття або відправлення поїзда відноситься a_i^m кількість пасажирів, що обрали для подорожі m -й вид міського транспорту. Якщо прийняти за φ^m – місткість m -го виду транспорту то можна наближено визначити планову кількість операцій по відправленню або прибуттю міського рухомого складу для здійснення пересадки прогнозованої a_i^m групи пасажиропотоку

$$g_i^m = a_i^m / \varphi^m, \quad (1)$$

де g_i^m – кількість операцій по відправленню або прибуттю m виду транспорту для обслуговування пасажиропотоку a_i^m . Під операцією розуміється поїздка m -го виду транспорту для забирання пасажирів із вокзалу або їх підвезення до вокзалу. Кожна з операцій потребує виконання у межах директивного терміну.

Для оптимізації процесу взаємодії різних видів транспорту з точки зору забезпечення вимог та комфорту пасажирів введено величину r_i , що визначає момент готовності групи пасажирів до посадки у міський транспорт або до посадки у поїзд. Виходячи з цього r_i визначається за виразом

$$r_i = \begin{cases} t_i^{nприб} + t_{i,m}^{nep} - \text{посадка на міський транспорт}; \\ t_i^{відпр} - t_{i,m}^{nep(max)} - I_m^{max} \cdot g_i^m - \text{посадка на поїзд}. \end{cases} \quad (2)$$

де $t_i^{nприб}$ – час прибуття пасажирського поїзда за розкладом;

$t_{i,m}^{nep(max)}$ – максимальний час, що витрачає пасажир при здійсненні пересадки з m -го виду транспорту, що визначений на основі запропонованої моделі індивідуального руху пасажирів в потоці;

$t_i^{відпр}$ – час відправлення пасажирського поїзда за розкладом;

I_m^{\max} – максимальний інтервал між прибуття або відправленням m -го виду транспорту.

Величина r_i^k являє собою момент надходження k -ї кількості пасажирів з поїзда на міський транспорт або навпаки та є мінімально можливим часом початку першого відправлення або прибуття m -го рухомого складу на вимогу $i=1, \dots, n$.

Отже, кожна i -та вимога складається з g_i операцій по відправленню або прибуттю міського рухомого складу. Для кожної такої операції задається три індекси:

i -номер нитки прибуття або відправлення поїзда, що містить операцію відправлення або прибуття;

j -номер операції, що задана вимогою прибуття або відправлення поїзда (номер нитки графіку руху міського транспорту), $j = 1, \dots, g_i$;

m -й вид міського рухомого складу, на якій операція по відправленню або прибуттю повинна виконуватися, $1 \leq m_{ij} \leq m$.

Тоді, кожену операцію з виконання перевезення можна охарактеризувати як кортеж $\langle m_{ij}, t_{ij}^m \rangle$, де t_{ij}^m - тривалість виконання операції, тобто довжина інтервалу часу, необхідного рухомому складу m_{ij} для виконання обігу на маршруті та наступного відправлення або прибуття i .

Як наслідок, загальний час t_{ij}^{zag} здійснення всіх операцій (відправлення або прибуття) міського транспорту для забезпечення пересадки пасажиропотоку згідно до i -ї вимоги визначається за виразом (тривалість роботи)

$$t_{ij}^{zag} = \sum_{j=1}^{g_i} t_{ij}^m. \quad (3)$$

Основною умовою для забезпечення можливості пристосування міського транспорту до розкладу прибуття та відправлення пасажирських поїздів є дотримання умови

$$\theta_m \leq t_{ij}^m, \quad (4)$$

де θ_m – встановлений за розрахунками обіг відповідного типу рухомого складу. Дана умова дозволяє обмежити інтервал між прибуттям та наступним прибуттям міського рухомого складу лише у бік зменшення тоді як для пристосування до вимог розкладу поїздів – збільшення інтервалу можливе.

Для дотримання умови виконання останньої операції по прибуттю m -го виду транспорту до відправлення пасажирського поїзду необхідно встановити директивний строк \underline{D}_i до якого бажано завершити обслуговування вимоги i . Кожній вимозі $i = \overline{1, n}$ відповідає часове вікно (інтервал) $[r_i, r_i + \underline{D}_i]$ [4]. На рисунку 1 наведено графік узгодження розкладу прибуття та відправлення міського транспорту для обслуговування пасажирів на залізничному вокзалі згідно до поставлених умов задачі.

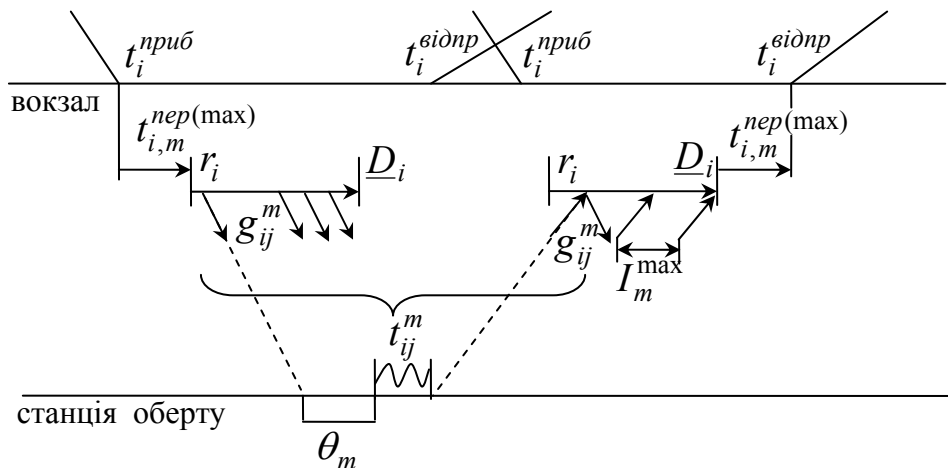


Рисунок 1 – Графік узгодженого підводу рухомого складу різних видів транспорту до залізничного вокзалу

Графічно процедуру взаємодії залізничного та міського транспорту представлено діаграмою Гантта (рисунок 2).

Для забезпечення умови одночасного виконання не більше ніж однієї операції необхідно дотримання умови

$$t_{i,j} - t_{i,j+1} \geq \theta_m. \quad (5)$$

$$F = \sum_i \sum_k \delta_{im} \cdot t_{im} \rightarrow \min. \quad (8)$$

Прагнення до зменшення середньої тривалості здійснення перевезення призводить до підвищення ефективності використання рухомого складу, тобто за той же самий час тим же парком рухомого складу можна перевезти більшу кількість пасажирів.

Для рішення запропонованої моделі визначення розкладу ув'язки прибуття та відправлення пасажирських поїздів з різними видами міського транспорту у вузлі доцільним є підвищення швидкості та точності генерування розкладу руху за рахунок використання генетичного алгоритму з дійсним кодуванням (англ.: *Real-coded Genetic Algorithm, RGA*) [5]. Згідно до процедури реалізації RGA будь-який допустимий варіант розкладу, відповідає одному із рішень задачі, що кодується у вигляді хромосоми S

$$S = (h^1, h^i, \dots, h^n), \quad (9)$$

де h^i – вимога, що відповідає часу прибуття або відправлення пасажирського поїзду. Кожна вимога складається з генів, що відповідають m виду міського транспорту, тобто $S = (< \overset{h^1}{1, m, \dots, M} >, \dots, < \overset{h^n}{1, m, \dots, M} >)$. В свою чергу кожний ген розбивається на два блоки $h^1 = (< \overset{1}{p^1}, p^2 >, < \overset{m}{p^1}, p^2 >, \dots, < \overset{M}{p^1}, p^2 >)$. Кожний із блоків представляє собою опис виконання вимоги на одному виді транспорту у вигляді пари, що називається генною комбінацією: p^1 – ідентифікатор задачі, p^2 – момент початку виконання операції g_i . Ідентифікатор задачі приймає значення 0 якщо m -й вид міського транспорту простоє, а в іншому випадку j -номер операції, що відповідає вимозі прибуття або відправлення поїзда, $j = 1, \dots, g_i$. При ініціалізації p^2 момент початку виконання операції g_i визначено на інтервалі $[r_i, r_i + \underline{D}_i]$.

Для програмної реалізації генетичного алгоритму необхідно запроповану цільову функцію (8) з обмеженнями (3, 4, 5, 7) привести до цільової функції безумовної оптимізації виду

$$F = \sum_i \sum_m \delta_{im} \cdot t_{im} + \lambda \left(\sum_{\psi=1}^{\phi} (h_{\kappa}(x))^2 \right) \rightarrow \min, \quad (10)$$

де λ – параметр штрафної функції, $\lambda > 0$;

$h_{\kappa}(x)$ – обмеження нерівності задачі, що приведені до виду $h_{\kappa}(x) \leq 0, \kappa \in K$.

Висновки. Запропонована модель в межах функціонування системи підтримки прийняття рішень дозволить формувати більш точний графік прибуття та відправлення міського пасажирського транспорту у взаємодії із залізничним. Це в свою чергу надасть можливість створити єдину транспортно-логістичну систему обслуговування пасажирів з властивостями адаптації до зміни умов формування попиту на перевезення.

Список використаних джерел

1. E. V. Pankratiev, A.M. Cherpovskii, E. A. Cherepanov, S. V. Chernyshev, Algorithms and methods for solving scheduling problems and other extremum problems on large-scale graphs, Fundamentalnaya i prikladnaya matematika, vol. 9 (2003), no. 1, pp. 235—251.

2. Wright A. "Genetic algorithms for real parameter optimization"// Foundations of Genetic Algorithms, V. 1. – 1991. – P. 205-218.

3. Кочнев Ф.П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте. Учебник для вузв ж.-д. транспорта, 6-е изд., перераб. И доп. – М., Транспорт, 1980. - 496с.

4. Hildum, D. "Flexibility in a Knowledge-based System for Solving Dynamic Resource-Constrained Scheduling Problems". Umass CMPSCI Technical Report 94-77, University of Massachusetts, Amherst, (1994).

5. Eshelman L.J, Schaffer JD Real-coded genetic algorithms and interval-schemata. In: Foundations of genetic algorithms 2, Whitley LD (ed) Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA, pp 187–202, (1993).