

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОРЯДКУ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ ПІД ЧАС ОБРОБКИ ПОТЯГІВ НА ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНІЙ СТАНЦІЇ

Калайда Н.С.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Гребеннік І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки (61166, Харків,
просп. Науки, 14, каф. Системотехніки, тел. (057) 7021006)

During the transportation of goods by rail, there are problems of processing trains and performing railway terminal operations at the transshipment yard (TSY) of the railway transshipment station. It is necessary to create a mathematical model of these processes and optimize them for the rational use of human and material resources at the transshipment yard. This paper is an attempt to create mathematical model to identify of optimal sequence of the gantry crane movement at the transshipment yard.

У сучасному світі важливими є рішення задач з планування маршрутів і завдань обробки вантажів на залізничних перевантажувальних станціях. У роботах [1-4] сформульовані задача планування роботи перевантажувальної станції (TYSP) і задача про розміщення контейнерів при обслуговуванні в залізничному терміналі (CPRTOP). Є множина поїздів з певною кількістю порожніх вантажних платформ і контейнерів і відомим їхнім розташуванням на поїзді. Всі поїзди, які прибувають на перевантажувальну станцію, повинні бути розподілені на сервісні слоти [3]. Потяги, які обслуговуються в одному сервісному слоті, потребують перевантаження контейнерів. При заданих координатах точок розташування контейнерів для переміщення і координатах вільних платформ в цільових поїздах вирішується задача оптимального розміщення контейнерів [4]. На підставі отриманих з [3-4] результатів, можна сформулювати задачу про послідовність переміщення контейнерів під час обробки потягів на перевантажувальній станції. Задані: 1. сервісний слот, в якому визначені розміщення поїздів на шляхах, координати контейнерів і вільних платформ на поїздах і в зоні зберігання; 2. для кожного контейнера, який необхідно перемістити відомі координати платформи, на яку його необхідно розмістити. Необхідно визначити послідовність переміщення контейнерів козловим краном, що мінімізує витрати на обслуговування всього сервісного слоту.

Для вирішення цієї задачі задамо множину $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, де $v_i = (v_x^i, v_y^i)$ – координати геометричних центрів контейнерів на поїздах-джерелах і в зоні зберігання та вільних платформ на цільових поїздах і в зоні зберігання. Визначимо множину $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, де $d_i = (d_i^f, d_i^t)$ – впорядкована пара елементів з множини V , для яких передбачено переміщення контейнера з точки з координатами, визначеними в d_i^f в точку, визначену в d_i^t .

Задамо змішаний граф $G = (V, E)$, де $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – множина вершин, $E = D \cup C$ – об'єднання множини спрямованих дуг D перенесення вантажу з місце на місце) і ненаправлених ребер C (пересування крана без вантажу). Множина ребер C будується таким чином, що граф $G_1 = (V, C)$ є повним неорієнтованим графом. Для графа G обчислимо матрицю довжин ребер $\|c_{ij}\|$, відстань між вершинами графа розраховується згідно манхеттенської метрики: $c_{ij} = |v_x^i - v_x^j| + |v_y^i - v_y^j|, i, j = \{1, 2, \dots, n\}$.

Використовуючи опис задачі про кран, наведений в [5], побудуємо маршрут комівояжера в графі G , з умовою: якщо з вершини виходять ребра і дуги, то по ребру можна рухатися лише в тому випадку, якщо не можна рухатися по дузі. Відповідно до підходу в [5], перетворимо цю задачу в задачу комівояжера. Для цього визначимо довжини всіх дуг d_i мережі рівними нулю і потім кожну пару вершин, пов'язаних дугою, об'єднаємо в одну вершину. При цьому відстань між об'єднаними вершинами визначається наступним чином. Якщо вершина \bar{v}_i отримана об'єднанням вершин v_{i_1} та v_{i_2} , вершина \bar{v}_j – об'єднанням вершин v_{j_1} та v_{j_2} , то $\bar{c}_{ij} = \min(c_{i_1 j_1}, c_{i_1 j_2}, c_{i_2 j_1}, c_{i_2 j_2})$. Задачу комівояжера з матрицею \bar{c}_{ij} можна вирішити одним з відомих методів, наприклад, з використанням сучасних солверів. Для отримання рішення задачі про кран потрібно повернутися до вихідного графу G і додати в маршрут комівояжера все дуги з множини D . Маршрут пересування, який був знайдений в результаті рішення задачі про кран на графі G , є оптимальним рішенням задачі про послідовність переміщення контейнерів на перевантажувальній станції.

В роботі запропонована оптимізаційна модель задачі про послідовність переміщення контейнерів на перевантажувальній станції для підвищення загальної ефективності роботи станції.

Перелік джерел

1. Boysen N., F. Jaehn, and E. Pesch, 2012, "New bounds and algorithms for the transshipment yard scheduling problem", *J. Sched.*, Vol.15, pp. 499–511.
2. Boysen, Jaehn, and Pesch, 2011, "Scheduling Freight Trains in Rail-Rail Transshipment Yards," *Transportation Science*, Vol. 45(2), pp. 199–211.
3. Grebennik I., R. Dupas, O. Lytvynenko and I. Urniaieva, 2017, "Scheduling Freight Trains in Rail-rail Transshipment Yards with Train Arrangements," *International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)*, Vol. 9(10), pp.12–19.
4. Grebennik I., R. Dupas, I. Urniaieva, N. Kalaida and V. Ivanov, 2019, "Mathematical Model of Containers Placement in Rail Terminal Operations Problem," 2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), pp. 129-132.
5. Melamed I. I., S. I. Sergeev, I. Kh. Sigal, 1989, "The traveling salesman problem. Issues in theory", *Autom. Remote Control*, Vol. 50(9), pp. 1147–1173.