УДК 629.4.027 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.164.2016.92413

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ЕКСПЕРТНОЇ ГРУПИ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНИХ ВИРОБНИЦТВ

Канд. техн. наук Ю. М. Дацун, А. Ю. Кіцелюк

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Канд. техн. наук Ю. Н. Дацун, А. Ю. Кицелюк

DETERMINATION OF THE BEST ROUTE EXPERT GROUP IN SURVEY OF THE LOCOMOTIVE REPAIR PRODUCTIONS

Cand. of techn. sciences Y. Datsun, A. Kitselyuk

Роботи з атестації локомотиворемонтних виробництв виконуються технічними експертами при обстеженні відповідних підприємств. В умовах широкого полігона розташування локомотиворемонтних підприємств, обмеженої кількості експертів і щільного графіка проведення атестаційних процедур виникає необхідність планування оптимальних маршрутів експертів. Математичне формулювання такої задачі широко відоме як задача маршрутизації транспорту. Унаслідок невеликої розмірності задачі, визначення оптимальних маршрутів експертів з обстеження локомотиворемонтних виробництв проводилось методом «гілок і меж».

Ключові слова: *локомотиворемонтне виробництво, задача, експерт, маршрут, витрати, вплив, обстеження.*

Работы по аттестации локомотиворемонтных производств выполняются техническими экспертами при обследовании соответствующих предприятий. В условиях широкого полигона расположения локомотиворемонтных предприятий, ограниченного количества экспертов и плотного графика проведения аттестационных процедур возникает необходимость планирования оптимальных маршрутов экспертов. Математическая формулировка такой задачи широко известна как задача маршрутизации транспорта. Вследствие небольшой размерности задачи, определение оптимальных маршрутов экспертов по обследованию локомотиворемонтных производств проводилось методом «ветвей и границ».

Ключевые слова: *локомотиворемонтное производство, задача, эксперт, маршрут, расходы, влияние, обследование.*

When certification of locomotive repairs productions, technical experts conduct enterprise surveys. Repair productions have a large location area. The number of technical experts is limited. Schedule of certification is often tight. In these conditions, there is an urgent task planning optimal routes experts. The mathematical formulation of this problem is widely known as the Vehicle Routing Problems. Analysis of enterprise certification schedules for the month shows a small dimension of the problem. This allowed applying for its decision the method of "branch and bound". For most reasonable results, calculations were carried out according to three different routes motion experts. It can be noted from the results of calculations that the optimization expert's traffic routes to reduce transport costs to 33-38%, with the work of one of the expert's group. The disadvantage of the work of one of the expert group is a significant residence time of experts on mission. If in the survey program 6-7 destinations, than experts staying on mission is 11,6-13,4 days. In cases when there is a need to reduce the timing of the surveys, it is advisable to route partition into two areas and the parallel operation of two expert groups. This option allows reducing the time of inspection 42-44%, but the increased transport costs.

Keywords: *locomotive repair production, problem, expert, route, costs, impact, survey.*

Вступ. При ремонті тягового рухомого складу (ТРС) якість проведених робіт істотно залежить від ряду факторів, що визначаються організаційно-технічним рівнем ремонтного виробництва. У ПАТ «Українська залізниця» департаментами локомотивного господарства та приміських пасажирських перевезень проводиться процедура атестації, що ставить за мету встановлення єдиних вимог до локомотиворемонтних виробництв, комплексного підвищення їх технічного рівня та зміцнення ремонтної бази, підвищення якості ремонту та технічного рівня ТРС. Процедура атестації ремонтного виробництва складається з кількох етапів. Найбільш важливим та відповідальним етапом атестації є експертне обстеження виробництва, що здійснюється технічними експертами за дорученням відповідних департаментів. В умовах широкого полігона розташування локомотиворемонтних підприємств, обмеженої кількості експертів та щільного графіка проведення атестаційних процедур виникає необхідність планування оптимальних маршрутів експертів за рядом критеріїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним критерієм оптимізації маршрутів експертів у теперішніх умовах стають мінімальні транспортні витрати [1]. Математичне формулювання такої задачі широко відоме як задача маршрутизації транспорту (ЗМТ) [2]. ЗМТ є узагальненням відомої задачі комівояжера (ЗК), коли будується відразу декілька замкнутих маршрутів, що проходять через деяку загальну вершину, що має назву депо. ЗМТ і ЗК належать до класу задач дискретної оптимізації і є

NP-складними [3]. Для задач невеликої розмірності (не більше 25-30 вершин) часто застосовують точні методи розв'язання: «гілок і меж» та динамічного програмування. Для розв'язання задач великої розмірності останнім часом успішно застосовують приблизні алгоритми. До групи евристичних методів відносять: конструктивні, двофазні, покращувальні методи. Метаевристичні методи розв'язання задач включають: пошук з виключеннями, відпал, що моделюється, детермінований відпал, генетичні алгоритми, нейронні мережі [4].

Отже, для визначення оптимальних маршрутів експертної групи необхідно оцінити розмірність задачі, обрати метод розв'язання та на основі даних щодо реальних маршрутів отримати розв'язок.

Визначення мети та задачі дослідження. На основі даних щодо реальних маршрутів експертної групи при обстеженні локомотиворемонтних виробництв визначити оптимальні маршрути за критеріями вартості проїзду та часу.

Основна частина дослідження. Аналіз річних планів графіків проведення атестацій локомотиворемонтних виробництв, дав змогу визначити, що середньомісячне навантаження експертної групи не перевищує 6-7 відвідувань різних виробництв. За вихідні дані бралась вартість проїзду залізницею між містами з ремонтними підприємствами. Дані подано у вигляді матриці (табл. 1).

Виїжджаючи з міста Харків, експерти мають відвідати всі пункти матриці (табл. 1) по одному разу та повернутись до Харкова. Розв'язання задачі полягає в знаходженні такого маршруту, що буде характеризуватись мінімальною вартістю проїзду. Для побудови математичної моделі вводяться булеві змінні [5]:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \textit{якщо експерт із пункту } i \textit{ переїжджає в пункт } j, \\ 0, & \textit{в іншому випадку}. \end{cases} \quad (1)$$

де $i, j = \overline{1,n}; \quad i \neq j.$

Таблиця 1

Матриця вартості проїзду між пунктами маршруту

Місто	1	2	3	4	5	6	7
1 Харків	∞	532	338	256	187	232	441
2 Львів	530	∞	217	263	328	466	172
3 Фастів	368	406	∞	286	329	245	210
4 Одеса	256	261	288	∞	324	274	451
5 Полтава	188	326	312	321	∞	104	380
6 Гребінка	235	342	241	276	105	∞	296
7 Коростень	441	220	195	460	375	261	∞

Цільова функція в такому випадку матиме вигляд

$$F(x) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} \to \min, \quad (2)$$

де C_{ij} – вартість транспортних переміщень між пунктами маршруту;

n – кількість пунктів у маршруті.

При таких обмеженнях:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \qquad j = \overline{1,n},$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \qquad i = \overline{1,n},$$

$$U_i - U_j + n x_{ij} \le n - 1, \tag{3}$$

$$i, j = \overline{1,n}; \quad i \ne j,$$

де U_i, U_j – довільні речові значення.

Невелика розмірність поставленої задачі дає змогу розв'язувати її точними методами. При застосуванні методу «гілок і меж» [6] виконується розбиття множини допустимих розв'язків. На кожному кроці методу елементи розбиття (підмножини) підлягають аналізу: має ця підмножина оптимальний розв'язок чи ні.

Розбиття множин розв'язків (розгалуження) часто подають у вигляді дерева розв'язків. Розв'язання поставленої задачі проводилось із застосуванням односторонньої схеми розгалуження (рисунок). Кожна вершина дерева відповідає деякій підмножині розв'язків. Дуги, які виходять із вершини, означають, що на певному етапі цю підмножину відсікти не вдалося і вона була розбита на підмножини. Вершини, в які входять ці дуги, відповідають підмножинам, отриманим у результаті розгалуження.

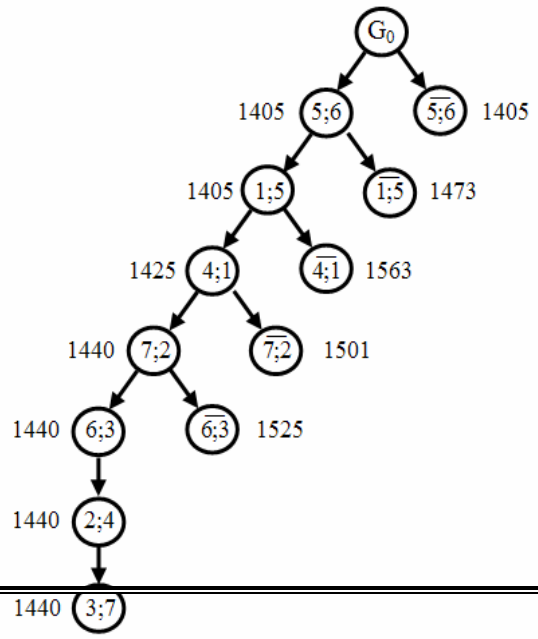

Рис. Дерево розв'язків задачі методом «гілок і меж»

Для отримання найбільш обґрунтованих результатів проводились обчислення за даними трьох різних маршрутів руху експертів. Результати розрахунку наведені в табл. 2, згідно з якими можна зазначити, що оптимізація маршрутів руху експертів дає змогу зменшити транспортні витрати на 33-38 % за умови роботи однієї експертної групи. Недоліком роботи однієї експертної групи є значний час перебування експертів у відрядженні. Так, при наявності в програмі обстежень 6-7 пунктів призначення час перебування експертів у відрядженні складає 11,6-13,4 доби. У випадках, коли є необхідність скорочення термінів проведення обстежень, доцільне розбивання маршруту на два райони та паралельна робота двох експертних груп. Такий варіант дає змогу скоротити час обстеження на 42-44 %, однак при цьому збільшуються транспортні витрати.

Таблиця 2

Параметри оптимальних маршрутів експертів з обстеження локомотиворемонтних виробництв

Номер маршруту	Одна експертна група			Дві експертні групи	
	Вартість проїзду по маршруту, грн		Час відрядження при русі за маршрутом, доб	Вартість проїзду по маршруту, грн	Час відрядження при русі за маршрутом, доб
	Базовий маршрут	Оптимальний маршрут			
Маршрут 1 (n=7)	6376	4244	13,4	2088	6,3
				4372	7,6
Маршрут 2 (n=6)	5128	3192	11,6	2456	6,8
				3056	5,7
Маршрут 3 (n=7)	8800	5924	12,3	3496	6,1
				4520	6,7

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Унаслідок невеликої розмірності задачі визначення оптимальних маршрутів експертів з обстеження локомотиворемонтних виробництв проводилось методом «гілок і меж». Результати розрахунків вказують на можливість зменшення транспортних витрат на 33-38 % при прямуванні експертів за оптимізованими маршрутами. Зменшення часу на обстеження виробництв на 42-44 % можливе за рахунок розбивання маршруту на два райони та паралельної роботи двох експертних груп.

Список використаних джерел

1. Тартаковский, Э. Применение экспертных методов для оценки организационно-технического уровня локомотиворемонтных предприятий [Текст] / Э. Тартаковский, В. Пузырь, Ю Дацун // Transport problems. – 2014. – Т. 4, № 1. – С. 87–91.

2. Braekers, K. The vehicle routing problem: State of the art classification and review [Text] / K. Braekers, K. Ramaekers, I. Nieuwenhuys // Computers & Industrial Engineering. – 2016. – 99. – P. 300–313

3. Пожидаев, М. С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта [Текст]: дис. … канд. техн. наук: 05.13.18 / Пожидаев Михаил Сергеевич. – Томск, 2010. – 134 с.

4. Archetti C. The Vehicle Routing Problem with Occasional Drivers [Text] / C. Archetti, M. Savelsbergh, M. Speranza // European Journal of Operational Research. – 2016. – 254. – P. 472-480.

5. Самойленко, Н. И. Транспортные системы большой размерности [Текст]: монография / Н. И. Самойленко, А. А. Кобец; под ред. Н. И. Самойленко. – Харьков: НТМТ, 2010. – 212 с.

6. Жесткова, С. А. Использование метода "ветвей и границ" при решении задач маршрутизации транспорта [Текст] / С.А. Жесткова // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №1. – С. 94-100.

Дацун Юрій Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-19-99. E-mail: remlocomot@gmail.com.
Кіцелюк Андрій Юрійович, слухач групи МЗ-TEMPUS – Б – 15 – Л Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.:(050)819-69-94. E-mail: andrey28286@gmail.com.

Datsun Yurii cand. of techn. sciences, associate professor department of maintenance and repair of rolling stock Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-19-99. E-mail: remlocomot@gmail.com.
Kitselyuk Andrey listener gr. MZ-TEMPUS - B - 15 – L Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.:(050)819-69-94. E-mail:remlocomot@gmail.com.

Стаття прийнята 16.09.2016 р.