Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Механіко-технологічний факультет
НДІ техніки та технологій
Кафедра транспортних технологій та засобів у АПК

Представництво Польської академії наук в Києві

Польська академія наук відділення в Любліні

Академія інженерних наук України

Українська асоціація аграрних інженерів

90 річниці механіко-технологічного факультету
НУБіП України присвячується

ЗБІРНИК ТЕЗ
доповідей
II Міжнародної
науково-практичної конференції
«Автомобільний транспорт та інфраструктура»

AutoTransport and Infrastructure

11-13 квітня 2019 року
м. Київ

УДК 658.1.004

МУРАШИНА ЛОГІСТИКА

Савченко Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент,
Національний університет біоресурсів і природокористування
e-mail: Lilya_savchenko@ukr.net

Актуальність дослідження. З точки зору економічної теорії, поняття транспортної логістики розглядається як планування оптимальних маршрутів вантажоперевезень з мінімізацією витрат, що є особливо актуальним для торгових компаній, щодня доставляють продукцію покупцям [2]. У зв'язку зі зростаючою завантаженістю автомобільних доріг, водії підприємств часто запізнюються в встановлені тимчасові інтервали доставки, що призводить до повернень продукції, зростання незадоволеності клієнтів, і, в кінцевому рахунку, до втрат виручки і збитків. Існує ряд моделей, застосувавши які, фірма може істотно скоротити транспортні витрати і оптимізувати послідовність відвідування контрагентів. Одна з них - класична задача комівояжера (КЗК), рішенням якої є найкоротший замкнутий маршрут водія, що проходить через всіх покупців по одному разу[3]. Незважаючи на популярність класичної задачі комівояжера, вона рідко вирішується на практиці, оскільки її обмеження не враховують, наприклад, маршрутизацію декількох машин в автопарку компанії, пробки на дорогах і тимчасові інтервали доставки покупцям. Бажаючи наблизити теоретичну задачу до реальності, Данциг і Рамсер, запропонували різновид КЗК, включивши в неї обмеження на кількість автомобілів і назвавши її - завданням маршрутизації транспорту (ЗМТ) (Danzig, Ramser, 1959).

Рішенням завдання є оптимальні маршрути для двох і більше автомобілів, які проходять через всі точки на карті один раз, повертаючись в вихідну. Дану модель успішно застосовують в таких галузях науки як медицина, машинобудування і програмування і т.д. Підкреслимо, що завдання маршрутизації транспорту є узагальненням класичної задачі комівояжера і вирішується схожими алгоритмами.

Основна частина. Уявімо класичну задачу комівояжера у вигляді моделі на графі. Нехай є орієнтований кінцевий граф $G = (N, A)$, в якому N - безліч вершин, A - безліч ребер (Хайруллін, 2014 року). Тоді довжина ребра $D_{ij} = < x_i, x_j >, D_{ij} \in A, D_{ij} \neq D_{ji}$ буде його вагою і буде нов'язувати вершини x_i и x_j. Граф повинен бути повним, оскільки необхідно врахувати всі можливі ребра. Таким чином, рішення задачі комівояжера - це такий маршрут, який є орієнтованим повним циклом (проходить через всі вершини) мінімальної ваги (сума всіх відстаней між вершинами) в графовій моделі. Передбачається, що змінна є бінарною, тобто приймає значення 1, якщо ребро графа включено в оптимальний маршрут, пройдений комівояжером, і 0, якщо не включено. Математична постановка класичної задачі комівояжера виглядає наступним чином:

$$
\begin{cases}
\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} t_{ij}x_{ij} \to min\,; & (1)\\
\sum_{j=0}^{n} x_{ij} = 1, \forall i \in \{0,1,2,\dots,n\}\,; & (2)\\
\sum_{i=0}^{n} x_{ij} = 1, \forall j \in \{0,1,2,\dots,n\}\,; & (3)\\
u_i - u_j + n * x_{ij} \le n-1, \forall i,j \in \{1,2,3,\dots,n\}; & (4)\\
x_{ij} \ge 0, x_{ij} \in \{0,1\}, \forall (i,j) \in \{0,1,2,\dots,n\}; & (5)\\
u_i \in R^1 (\forall i \in \{1,2,3,\dots,n\}. & (6)
\end{cases}
$$

КЗК відноситься до числа трансобчислювальної (Irnich, 2008): вже при відносно невеликому числі вершин графа (> 67) її неможливо вирішити методом повного перебору маршрутів сучасним комп'ютером менш ніж за кілька мільярдів років. Завдання має експонентну алгоритмічну складність: комівояжер в кожному місті стоїть перед вибором наступного з ще не відвіданих, а значить, існує $(n-1)!$ маршрутів для асиметричної (відстань з міста i в місто j, не дорівнює зворотному) завдання, де n - число міст. У цьому дослідженні будуть використовуватися саме асиметричні матриці відстаней і часу, що істотно збільшить алгоритмічну складність.

Класична задача комівояжера є NP-повною (Костюк, 2013), що означає неможливість рішень будь-яким алгоритмом за поліноміальний час. За перебування такого методу, американське математичне співтовариство пропонує приз, що говорить про величезний інтерес до задачі як з теоретичної, так і практичної точки зору. Класична задача комівояжера вирішується в логістичній практиці рідко, оскільки її обмеження не включають, моделювання дорожніх пробок, маршрутизацію декількох машин в автопарку і, звичайно, тимчасові інтервали доставки покупцям. Тому Данциг і Рамсер запропонували різновид КЗК, доповнивши завдання обмеженням на кількість автомобілів і назвавши її завдання маршрутизації транспорту (ЗМТ). У своїй статті дослідники поставили питання оптимального розвезення бензину на автозаправні станції в місті N, запропонувавши математичну постановку задачі і вирішивши її наближеним алгоритмом. Данциг і Рамсер надали ЗМТ наступну форму завдання математичного програмування, яке буде аналізуватися в роботі (Danzig, Ramser, 1959):

$$\begin{cases} \sum_{k\in K}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} t_{ij}x_{ij}^{k} \to min; & (7)\\ \sum_{j=0}^{n} x_{ij}^{k} = 1, \forall i \in \{0,1,2,\dots,n\}, \forall k \in K; & (8)\\ \sum_{i=0}^{n} x_{ij}^{k} = 1, \forall j \in \{0,1,2,\dots,n\}, \forall k \in K; & (9)\\ u_i - u_j + n * x_{ij}^{k} \le n-1, \forall i,j \in \{1,2,3,\dots,n\}, \forall k \in K; & (10)\\ x_{ij}^{k} \ge 0, x_{ij}^{k} \in \{0,1\}, \forall (i,j) \in \{0,1,2,\dots,n\}, \forall k \in K; & (11)\\ u_i \in R^1 (\forall i \in \{1,2,3,\dots,n\}. & (6) \end{cases}$$

Відзначимо, що з математичної точки зору ЗМТ (6) - (11) відрізняється від класичної задачі комівояжера (1) - (6), наявністю індексу k над змінної, який відповідає за номер транспортного засобу в завданні. Незважаючи на незначне нововведення в математичну постановку, алгоритмічна складність завдання істотно збільшується. Економісти стверджують, що для оптимізації логістики також необхідно звертати увагу на сам процес формування замовлень, який може бути не оптимальним. Описана ситуація моделюється у вигляді завдання 0-1 (0-1 knapsack problem) (Toth, Vigo, 2002), яка має наступну математичну постановку:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} p_j x_j \to max; & (12)\\ \sum_{j=0}^{n} w_j x_j \le c; & (13)\\ x_j \in \{0,1\}, j = 1,\dots,n, & (14) \end{cases}$$

где: p_j – ціна j-го замовлення;

w_j – вага j-го замовлення;

x_j – переміна, яка відповідае за j-го замовлення в автомобилі;

c – сумарна вантажопідйомність транспортного засобу.

Таким чином, обмеження (12) є цільовою функцією класичної задачі про ранці і являє собою денну виручку компанії, яку необхідно максимізувати. Обмеження (13) показує, що вага всіх заявок в автомобілі не повинен перевищувати його вантажопідйомність. Останнє обмеження (14) - говорить про те, що змінна приймає тільки два значення - 1, якщо замовлення завантажений в машину, 0 - в іншому випадку.

Висновки. Резюмуючи найбільш важливі роботи на тему ЗМТ, необхідно відзначити, що вони стосувалися в основному евристичних методів рішення нестандартних модифікацій класичної задачі маршрутизації транспорту, наближаючи математичні постановки до реальних економічних задач. Розв'язок моделі дасть можливість оптимально планувати час доставки, скорочувати витрати на транспортний процес.

Література

1. Бронштейн, Е.М., Заико, Т.А. (2010), «Детерминированные оптимизационные задачи транспортной логистики», Автоматика и телемеханика, №10, 133-147.

2. Иглин, С.П. (2003), «Решение некоторых задач теории графов в MATLAB», Математика в приложениях, №4, 28-33.

3. Костюк, Ю.Л. (2013), «Эффективная реализация алгоритма решения задачи коммивояжера методом ветвей и границ», Прикладная дискретная математика, Т. 20,№ 2, 78-90.

4. Курейчик, В.М., Мартынов, А.В. (2014), «Об алгоритмах решения задачи коммивояжера с временными ограничениями», Информатика, вычислительная техника и инженерное образование, Т. 16, № 1, с. 1-13.

5. Лебедев, Б.К., Лебедев, О.Б. (2012), «Моделирование адаптивного поведения муравьиной колонии при поиске решений, интерпретируемых деревьями», Известия ЮФУ. Технические науки, Т. 132, № 7, 27-34.

6. Лопатин, А.С. (2005), «Метод отжига», Стохастическая оптимизация в информатике, Т.1. №1, 133-139.

7. Макконнелл, Дж. (2004), Основы современных алгоритмов, М: Техносфера,. 233-255.

8. Пантелеев, А.В., Метлицкая, Д.В., Алешина, Е.А. (2013), Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы, Москва, 105-130.

9. Хайруллин, Р.З. (2014), «Математическое моделирование развоза грузов по разветвленной сети автодорог», Вестник МГСУ, № 7, 184-191.

10. Чеблоков, И.Б., Ченцов, А.Г. (2012), «Об одной задаче маршрутизации с внутренними работами», Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки, № 1, 96-119.

11. Applegate D., Cook J. (1993), "Solving large-scale matching problems", Network Flows and Matching, 557-576.

12. Azi, N., Gendreau, M. and Potvin, J.-Y. (2012), "A dynamic vehicle routing problem with multiple delivery routes", Annals of Operations Research, 1-10.

13. Baldacci, R., Mingozzi, A. and Roberti, R. (2012), "Recent exact algorithms for solving the vehicle routing problem under capacity and time window constraints", European Journal of Operational Research, Vol. 218, No. 1, 11-26.

14. Clarke, G., Wright, J.W. (1964), "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points", Operations Research, No. 12, 568-581.