

УДК 519.8

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТА ОБРАБОТКИ УЛИЦ РЕАГЕНТАМИ

С. К. КРУТОЛЕВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Необходимо построить маршрут движения для коммунальных машин, который минимизирует время обработки заданного массива улиц города. В задаче необходимо учитывать, что:

- обработка производится несколькими машинами с различной грузоподъемностью;
- если реагента не хватает на обработку следующей улицы, машина возвращается на заправочную станцию;
- загрузка машин реагентами производится на одной станции, что вызывает появление очередей.

Для решения подобных задач используется реберно-взвешенный граф $W = (G, L_W, L_T)$. Вершины G_i представляют координаты начала и окончания участков обработки. Ребра L подразделяются на два типа. К первому типу относятся ребра L_W , на которых производится обработка реагентами – выполнение работ. Весовой функцией таких ребер выступает как количество реагента m_W , необходимое для выполнения работы, так и время ее выполнения t_W . Ко второму – ребра L_T , по которым происходит транспортировка к месту работы и обратно к заправочной станции. В этом случае весовая функция – время проезда по ребру t_T .

Целью является нахождение в графе W гамильтоновских циклов по ребрам первого типа L_W (туров) T :

$$T_1, \dots, T_m \subset W,$$

при этом величина

$$W(T_1, \dots, T_m) = \sum_{k=1}^m \sum_{l \in T_k} t_l$$

минимальна.

Каждый тур выполняется коммунальной машиной M и содержит набор работ L_W , переездов между ними L_T , загрузки D и ожиданием в очереди на загрузку S :

$$T = (M, L_W, L_T, D, S).$$

Ограничением на объем тура выступает грузоподъемность коммунальной машины M_Q :

$$M_Q \geq \sum_{l \in L_W \subset T} m_W. \quad (1)$$

Решить поставленную задачу методом полного перебора вариантов не представляется возможным. Например, в г. Могилеве имеется список из 70 участков дорожной сети, которые относятся к первой очереди на обработку. Используется до 10 автомобилей пяти видов грузоподъемности. Общее число возможных комбинаций выполнения n -работ определяется как $n!$

и для Могилева представляет цифру большую, чем 10^{240} . При решении подобных задач [1, 2] предлагается использовать различные жадные алгоритмы с применением эвристических правил.

Однако все предложенные алгоритмы не используют ограничение (1) на формирование тура и формирование вторичной очереди на загрузку после возвращения машин из очередного тура.

Для формирования собственных эвристических правил разработан алгоритм полного перебора последовательности выполнения работ. Удалось опеределить оптимальные туры T_1, \dots, T_m для выполнения десяти работ L_W в графе W тремя машинами. Использование этого алгоритма для большего числа работ абсолютно неприемлемо в реальном производстве, где на формирование путевых листов отводится не более 30 мин. Анализ возможных вариантов туров позволил сформировать следующие эвристические правила.

1. Сортируем список работ по возрастанию времени проезда до пункта загрузки реагентами.

2. Сортируем список автомобилей по увеличению грузоподъемности.

3. Загружаем автомобили в стек. Выезд из стека возможен после освобождения пункта загрузки.

4. Запускаем цикл по формированию туров. В тур добавляется первая работа из списка работ, если она удовлетворяет следующим условиям:

– не попала в предыдущие туры;

– выполняется условие (1) по грузоподъемности машины;

– время проезда от текущего положения G машины до вершины G_{wi} начала работы минимально.

5. Процесс формирования туров заканчивается при отсутствии работ в списке.

Для проверки эффективности данного алгоритма проведены сравнения оптимальных решений и решений по предлагаемому алгоритму для различных параметров работ и машин.

Предложенный эвристический алгоритм позволяет сформировать циклы обхода ребер L_W графа W за время, превышающее оптимальное не больше, чем 10 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гимади, Е. Х. Задача о двух коммивояжерах с ограничениями на пропускные способности ребер графа с различными весовыми функциями / Е. Х. Гимади, А. М. Истомин, И. А. Рыков // Вестн. НГУ. – 2014. – Т. 14, вып. 3. – С. 3–18.

2. Nuriyeva, F. New heuristic algorithm for multiple traveling salesman problem / F. Nuriyeva, G. Kizilatesa // TWMS J. App. Eng. Math. – 2017. – Vol. 7, № 1. – P. 101–109.