

УДК 629.78

ЗАДАЧА ПЛАНИРОВАНИЯ ВНУТРИГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

© Сорочкин Л.С., Симонова Е.В.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: Afler777@gmail.com, simonova_ev@ssau.ru

Планирование обслуживания по заказам клиентов и маршрутизация транспортных средств лежат в основе работы многочисленных служб, предоставляющих разнообразные сервисы по заказам потребителей.

Одной из наиболее известных постановок логистической задачи является задача коммивояжера (TSP – Travelling Salesman Problem). В ее классической постановке требуется найти маршрут, проходящий через все заданные географические точки с возвратом в начальную точку. С математической точки зрения требуется отыскать гамильтонов цикл графа, построенного на узлах транспортной сети. Задача относится к классу NP-полных и не решается перебором за допустимое время при количестве узлов более 66.

Существуют следующие расширения TSP: Multiple TSP – обобщение задачи коммивояжера на M мобильных ресурсов), Vehicle Routing Problem (VRP) – учитываются ограничения на ресурсы, VRPTW (VRP with Time Windows) – учитываются временные ограничения заказов, MDVRPTW (Multiple Depot VRPTW) – учитывается множество депо.

Более реалистичной является постановка задачи маршрутизации транспорта с учетом временных окон и дорожной ситуации [1].

Пусть $G(V', E)$ – ориентированный граф, где $V' = \{0, 1, \dots, N\}$ – множество вершин, E – множество ребер (участков дорог). Вершина 0 представляет собой депо, а множество вершин $V = V' \setminus \{0\}$ представляет собой n пунктов доставки (клиентов). Каждый клиент имеет временное окно $[a_i, b_i]$. Каждому ребру $\{i, j\} \in E$ сопоставлены веса: d_{ij} – длина пути и t_{ij} – время в пути. q_i единиц товара требуется доставить в i вершину. Множество из m транспортных средств (ТС) грузоподъемности Q_v базируются в депо. Требуется найти набор замкнутых маршрутов.

Целевая функция выражена стоимостью пройденного пути и стремится к минимуму:

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{v=1}^m c_{ij} x_{ijv}$$

где x_{ijv} – бинарный индикатор принадлежности ребра $\{i, j\}$ финальному пути курьера v .

Каждый маршрут должен удовлетворять следующим ограничениям:

1. Каждый клиент должен быть посещен строго один раз: $\sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^m x_{ijv} = 1, j = 1 \dots n$.
2. Спрос каждого клиента удовлетворен: $\sum_{v=1}^m y_{iv} = q_i, i = 1 \dots n$, где y_{iv} – спрос, удовлетворенный ТС v для вершины i .
3. Грузоподъемность ТС не превышена: $\sum_{i=1}^n y_{iv} \leq Q_v, v = 1 \dots m$.
4. Временные окна соблюдены: $a_i \leq s_{iv} \leq b_i, x_{ijv}(s_{iv} + t_{ij}) \leq x_{ijv}s_{jv}, i, j = 1 \dots n, v = 1 \dots m$, где s_{iv} – время прибытия курьера v к клиенту i .

Однако все расширения постановки задачи TSP обладают следующими недостатками при решении прикладных задач:

- Не обеспечивается возможность адаптивного планирования в реальном времени;
- Имеющиеся ресурсы и заказы идентичны, хотя на практике требуется индивидуальный учет критериев, ограничений и предпочтений клиентов и ресурсов с возможностью их динамического изменения в ходе планирования;
- Не поддерживается баланс интересов заказов и ресурсов, участвующих в планировании, уровень сервиса не адаптируется к рискам, временным ограничениям и т. п.

Для решения задачи планирования работы курьерской службы класса MDVRPTW и устранения вышеупомянутых недостатков был использован мультиагентный подход [2]. В мультиагентной системе логистическая компания моделируется как динамическая сеть программных агентов, в которой могут быть представлены заказы (потребности) и ресурсы (возможности). В модели сети потребностей и возможностей (ПВ-сеть) мира курьерской службы были выделены основные классы агентов: агент системы, агенты заказов и ресурсов (курьеров). Агент системы осуществляет общую координацию, наблюдая за ситуацией загрузки и выполнения потока заказов на виртуальном рынке системы, может динамически подключать новые или исключать простаивающие ресурсы, чтобы всегда поддерживать баланс потребностей и возможностей для минимизации общих стоимостных и временных затрат. Агент заказа стремится попасть к тому ресурсу (курьеру), который предложит минимальную стоимость доставки заказа. Агент ресурса стремится перевезти как можно больше заказов и уменьшить себестоимость маршрута. Взаимодействие указанных агентов позволяет итерационно строить начальное расписание, а затем непрерывно корректировать решение для улучшения его характеристик согласно методу адаптивного планирования.

Метод адаптивного планирования включает две стадии:

1. Первая стадия – предварительное планирование, целью которого является получение начального допустимого расписания доставок. Заказ размещается на первом доступном ресурсе (варианте размещения) без выявления и разрешения конфликтов и вытеснения других заказов.

2. Вторая стадия – выявление и разрешение конфликтов. Полученное расписание непрерывно улучшается до достижения «конкурентного равновесия», представляющего согласованное расписание, которое далее нельзя улучшить. Данные стадии выполняются последовательно, причем на второй стадии у агента появляется более детальная информация о текущей загрузке ресурсов, что позволяет сократить количество перестановок в расписании в условиях ограничений.

Преимуществом метода распределенного планирования является адаптивность, т.е. построение расписания производится не по жесткому централизованному алгоритму, а является результатом совместной работы агентов, учитывающих свои состояния и действующих в реальном времени по ситуации.

Библиографический список

1. Беспясова В.А., Кононенко А.И. Математическое и программное обеспечение для задачи маршрутизации транспорта с учетом временных окон и дорожных ситуаций // Материалы XV Всероссийской молодежной научной конференции «Мавлютовские чтения»: в 7 т. Т. 4. Уфа: Изд-во УГАТУ, 2021. С. 116–124.

2. Сазонов В.В., Скобелев П.О., Лада А.Н., Майоров И.В. Применение мультиагентных технологий в транспортной задаче с временными окнами и несколькими пунктами погрузки // Управление большими системами (электронный журнал). Вып. 64. М.: ИПУ РАН, 2016. С. 65–80.