

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Изучение источников информации по изучаемой теме позволяет резюмировать, что в настоящее время разработано достаточно много методов, применяемых для решения задачи маршрутизации автомобильных перевозок. Но разнообразие самих постановок задач не позволяет вывести универсальный алгоритм, который мог бы обеспечить получение набора оптимальных маршрутов независимо от количества транспортных средств, числа поставщиков и потребителей, и в тоже время не иметь критических ограничений [1–4].

В качестве одного из критериев классификации методов решения задач маршрутизации можно выделить точность получаемого решения. В соответствии с этим подходом можно выделить следующие методы.

Точные методы. Обеспечивают нахождение оптимального маршрута путем вычисления всех возможных решений.

Анализ литературных источников показывает [1–4], что при выборе маршрутов перевозки точные методы решения применяют исключительно для задач с небольшим количеством входных данных. На практике, основную массу составляют задачи с множеством пунктов объезда, парком транспортных средств, расположенных не в одном месте, и множеством критериев и ограничений. Для таких задач поиск оптимальных маршрутов точными методами нецелесообразен в силу значительных затрат по времени на осуществление расчетов.

Среди точных алгоритмов можно выделить следующие.

Метод ветвей и границ основан на разделении множества допустимых решений на подмножества, в каждом из которых далее будет выполнена проверка на наличие оптимального решения. Существует дерево поиска решений, ветви которого – сами решения, а границы – то, что ограничивает их рост. Для каждого подмножества определяется нижняя граница, и в случае, когда вариант обхода пунктов имеет длину пути не большую, чем нижняя граница любого из неразбитых подмножеств, то данное решение будет являться оптимальным. Данный алгоритм непрогнозируем по времени.

Метод ветвей с отсечением отличается от предыдущего тем, что в случае, когда нижняя граница подмножества больше верхней границы предыдущего подмножества, то оно отсекается.

Особенность решения задачи *методом динамического программирования* заключается в разбиении задачи на стадии. Преимуществом является то, что за счет деления на каждом этапе не так много неизвестных, следовательно, упрощаются расчеты. Одновременно, это вызывает негативный эффект – приходится сохранять результаты каждого этапа, которые в последующем могут быть не использованы. Среди достоинств можно отметить то, что скорость получения результата не будет зависеть от входных данных.

В процессе решения задачи *методом целочисленного линейного программирования* составляется система линейных ограничений с целочисленными переменными. Особенность метода заключается в том, что искомые неизвестные должны принимать только целочисленные решения, в связи с этим могут быть получены менее точные решения.

Решение *методом сил* связано со сложностями в вычислениях, так как метод основан на поиске всех возможных вариантов, которых может быть значительное число. Существенным недостатком метода является большое количество времени, требуемое для перебора всех возможных решений.

Эвристические методы. Данные методы позволяют получить приближенные решения, поскольку основаны на правилах эвристики и не всегда подчиняются математическим принципам.

Применение приближенных алгоритмов не всегда дает оптимальное решение, так как преобразования и ограничения предполагают упрощение системы, т.е. рассматриваются не все варианты, а только «типичные», остальные отбрасываются в виду малой вероятности.

Эвристические методы делят на:

– *двухфазные алгоритмы (алгоритм лепестков, алгоритм заметания, алгоритм Фишера-Джекумера).* При выборе маршрута перевозки груза используя эвристические двухфазные алгоритмы, решение задачи делится на 2 этапа: сбор вершин в группы и построение маршрута для каждой группы;

– *конструктивные алгоритмы (алгоритм Кларка-Райта).* Данные алгоритмы основаны на поэтапном решении задачи, и учете общей суммы затрат;

– *улучшающие алгоритмы.* В процессе решения задач такими методами формируется любое допустимое решение, которое потом преобразуется с целью улучшения.

Метаэвристические методы. Такие алгоритмы основаны исключительно на эвристических принципах, в связи с чем уступают другим методам по точности. Однако они являются хорошим компромиссом между качеством решения и временем, затраченным на вы-

числения. Еще одним достоинством является их гибкость ввиду отсутствия требований к задаче.

Среди часто используемых метаэвристических алгоритмов выделяют:

– *эволюционные методы*: генетические алгоритмы, имитация иммунной системы человека, метод дифференциальной эволюции. Огромным преимуществом применения данных алгоритмов является то, что они могут быть легко распараллелены и совмещены с использованием нейронных сетей;

– *поведенческие методы*: муравьиный алгоритм, метод пчелиных колоний. Данные методы основаны на природных способах оптимизации: естественном отборе и генетическом наследовании;

– *методы, имитирующие физические процессы*: имитация отжига, метод поиска гармонии;

– *жадные методы*: алгоритм ближайшего соседа и рекурсивного перебора.

Данные алгоритмы эффективно использовать при небольшом количестве факторов, иначе время на обработку данных будет достаточно большим.

На данный момент существуют различные комбинации скрещивания эвристических методов решения задачи маршрутизации.

Помимо перечисленных алгоритмов, для получения приближенных результатов используют следующие методы.

1. *Имитационное моделирование*. Сущность метода заключается в создании имитационной модели, которая позволяет исследовать структуру транспортной системы, и посредством аналогов выполнить ее оптимизацию.

2. *Методы теории расписаний*. Методы основываются на составлении почасовых графиков поставок с минимизацией простоев и пробегов.

3. *Методы случайного поиска*. В основе методов лежит статистическая обработка входных данных, на основе которой выявляют закономерности, основываясь на которые занимаются дальнейшим планированием. Основным принципом такого планирования (ситуационного) является выделение базовых маршрутов, чередование которых дает возможность воспроизвести всё множество маршрутов.

4. *Методы локальной оптимизации*. В реальных условиях задача выбора оптимального маршрута сводится к определению первоначального допустимого маршрута – базового, который далее будет подвержен различным способам оптимизации.

В ходе процедуры выбора оптимального маршрута могут быть использованы и другие подходы.

Например, поиск оптимального маршрута осуществляется по грузообороту транспортного средства (суммарные затраты перевозки в тонно-километрах) и показателю минимизации риска или издержек на маршруте (степень непредвиденных расходов). Для решения задачи формируется граф, и для нахождения оптимального маршрута задается целевая функция. Методом перебора всех возможных маршрутов или с помощью алгоритма Дейкстры определяют минимальный из них.

Существует решение задачи маршрутизации методом совмещенных планов, который включает в себя план перевозок груза и возврата порожних автомобилей.

Таким образом, можно сделать следующий вывод. Решение задачи маршрутизации достаточно ресурсоемкий процесс, требующий уже на этапе подготовки исходных данных понимания всей структуры целевой функции и системы ограничений. Выбор же методов и алгоритмов решения зависит, в том числе, и от требуемой точности полученного решения и вводимых в задачу допущений и ограничений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vlasov A. V., Stanovskih A. A. Additional constraints in the vehicle routing problem // *Universum: технические науки*. 2022. № 4-12 (97). P. 49–55. DOI: 10.32743/UniTech.2022.97.4.13513.

2. Волкова М. В., Флигиль М. М. Принятие решения о выборе маршрута перевозки в условиях неопределенности // *Гуманитарный научный вестник*. – 2022. – № 6. – С. 185-189. – DOI 10.5281/zenodo.6758062. – EDN IISBAU.

3. Барташевич, Е.И. Анализ существующих способов выбора маршрутов для перевозки древесины автомобильным транспортом / Е.И. Барташевич, Р.О. Короленя // *Научные исследования XXI века*. – 2023. - № 4 (24). – С. 20-25.

4. Барташевич, Е.И. Классификация способов решения задачи маршрутизации / Е.И. Барташевич, К.А. Гриневич, науч. рук. Р.О. Короленя // 74-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов: тезисы докладов: в 4-х ч. – Минск, 17–22 апреля 2023 г. [Электронный ресурс] – Минск : БГТУ, 2023. – Ч. 1. – С. 74-75.