Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Д. В. Ефремов, Оптимизация процесса планирования выполнения заказов на транспортно-экспедиторское обслуживание, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2000, выпуск 9, 180–183

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu46>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.89.56.158

26 апреля 2023 г., 15:03:11

Математическая теория управления и оптимизация

УДК 681.518.5

Д.В. Ефремов

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗОВ НА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИТОРСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Приводятся постановка и решение задачи оптимизации процесса планирования выполнения заказов на транспортно-экспедиторское обслуживание. Описаны метод оптимизации выполнения заказов на основе имитационного моделирования и алгоритм построения оптимального маршрута между двумя вершинами на неориентированном графе.

В настоящее время на экспедиторских предприятиях (ЭП) решения по планированию выполнения заказов принимаются диспетчерами самостоятельно на основе имеющейся информации. При большом объеме информации (20 – 30 заказов в день) диспетчеру достаточно трудно принять оптимальное решение. А так как затраты на перевозку составляют до 50% от суммы общих затрат на логистику [1], то становится актуальной задача оптимизации и автоматизации процесса планирования перевозок больших объемов заказов.

Исходными данными для предлагаемых методов оптимизации являются: транспортная сеть в виде неориентированного графа, атрибутивная информация о заказах, о дислокации транспортных средств, о транспортных тарифах.

Полученные алгоритмы оптимизации легли в основу программного обеспечения, входящего в автоматизированную информационную систему экспедиторского предприятия в качестве системы планирования выполнения заказов на транспортно-экспедиторское обслуживание (ТЭО).

В ходе решения основной задачи оптимизации процесса планирования выполнения заказов на ТЭО решаются следующие подзадачи:

- комбинаторная задача составления потенциальных вариантов перевозки;
- построение маршрута следования груза с минимальным временем.

Подзадача построения оптимального маршрута решается при определении себестоимости перевозки груза одним автомобилем или группой транспортных средств, которая в свою очередь является одним из решений подзадачи составления потенциальных вариантов перевозки.

Выполнение заказов на ТЭО связано с оформлением заказа, документированием процесса доставки груза, отслеживанием платежей и получением информации о факте доставки. Поэтому в рамках транспортной задачи, решаемой ЭП, теоретический и практический интерес представляет определение такого набора транспортных средств для перевозки груза, при котором достигается минимум следующего функционала:

$$I = \min \left(\sum_{i=1}^N C(z_i) \right), \quad (1)$$

где N – количество заказов, z_i – заказ, C – функция себестоимости выполнения i -того заказа. Раскроем составляющие целевой функции C :

$$C = \sum_{j=1}^T q_j \cdot r_j, \quad (2)$$

где T – количество транспортных средств, участвующих в выполнении заказа; q_j – тариф j -того транспортного средства (ден. ед. /км); r_j – расстояние, пройденное j -тым транспортным средством.

Для обеспечения минимума функционала (1) необходимо использовать обратную и попутную дозагрузки транспортных средств. В результате таких дозагрузок несколько заказов могут

одновременно выполняться одной и той же группой транспортных средств. Условимся называть такую ситуацию доставкой, т. е. под доставкой понимается выполнение нескольких заказов одной группой транспортных средств.

При формировании доставок должны учитываться следующие ограничения:

$$p(k_j) = p(z_i), \quad (3)$$

где $p(k_j)$ – тип груза j -того транспортного средства; $p(z_i)$ – тип груза заказа z_i .

При определении потенциальных транспортных средств должно соблюдаться условие

$$C_1(x_{e,b}) + C_2(w_b) \leq C_1(x_{b,a}), \quad (4)$$

где $x_{e,b}$ – доставка груза из пункта e (конечного пункта одного заказа) в пункт b (начальный пункт другого заказа); a – пункт базовой дислокации транспортного средства; w_b – ожидание начала погрузки в пункте b ; C_1 – функция себестоимости переезда; C_2 – функция себестоимости ожидания.

Множество потенциальных транспортных средств T не должно быть пустым:

$$T = \emptyset. \quad (5)$$

Должно соблюдаться условие, при котором не нарушается план использования транспортных средств:

$$L(x_{d1,b}) + L(x_{b,e}) + L(x_{e,d2}) \leq L(x_{d1,d2}). \quad (6)$$

При этом $d1$ – пункт дислокации группы потенциальных транспортных средств;

$d2$ – пункт следующей дислокации группы потенциальных транспортных средств; L – функция, вычисляющая время доставки груза. Раскроем составляющие целевой функции L :

$$L = \sum_{j=1}^T r_j / s_j, \quad (7)$$

где s_j – средняя скорость j -того транспортного средства.

Для оптимизации процесса планирования выполнения заказов на ТЭО разработана имитационная модель. Основой модели послужила экономико-математическая модель материальных потоков, рассмотренная в [2]. Задачей модели является подбор вариантов выполнения заказов с минимальной суммарной себестоимостью. Исходными данными для модели являются:

- дислокации транспортных средств или план их использования (представляется в виде двумерного массива);
- заказы с параметрами (представляется в виде двумерного массива);
- транспортная сеть (неориентированный граф).

Выходные данные разработанной модели имеют вид рекомендации по выполнению спланированных заказов (какой заказ, каким транспортом, в какой срок).

Алгоритм функционирования имитационной модели представлен на рис. 1.

Транспортная сеть в задаче нахождения оптимального пути представлена в виде неориентированного графа. Узлами графа являются населённые пункты и перекрёстки. Ребрами являются отрезки дорог между пунктами и перекрёстками. Вершины графа характеризуются уникальными индексами и географическими координатами. Вес рёбер графа характеризует время, требуемое для проезда между смежными пунктами. Веса расставляются в зависимости от типа дорожного покрытия и средних скоростей грузовых транспортных средств по дорогам с различным покрытием. Рёбра графа также характеризуются длиной пути между смежными пунктами в километрах. Этот атрибут необходим при расчёте стоимости проезда ТС в задаче оптимизации планирования выполнения заказов на ТЭО.

Тот факт, что весом ребра является время, позволяет построить оптимальный маршрут по дорогам, находящимся в лучшем функциональном состоянии.

Разработанный алгоритм поиска оптимального пути построен на базе алгоритма с возвратом. Он состоит в анализе соседних вершин, начиная с начальной вершины, в направлении на целевую вершину. Тот факт, что вершины характеризуются географическими координатами, позволяет определять направление поиска и не рассматривать пути, которые заведомо не ведут к цели. Такое построение алгоритма значительно сокращает множество рассматриваемых вершин и учитывает все маршруты, ведущие к цели.

Анализ других методов построения оптимального маршрута на неориентированном графе, а именно метода поиска в ширину, метода поиска в глубину и методов полного перебора, показывает, что при увеличении числа вершин, через которые должен пройти оптимальный маршрут,

количество вершин, b_{ij} - время переезда из пункта i в пункт j .

Рис. 2 Алгоритм нахождения оптимального пути на графе

дополнительном столбце $b_{(n+1)j}$ хранится длина маршрута от начальной вершины до вершины j , указанных в строках матрицы. Если связи между вершинами нет, то $b_{ij} = 0$.

Для удобства анализа построенных маршрутов, они отображаются на электронной карте. Электронная карта представляет собой векторное отображение дорог, населённых пунктов, стран и регионов в масштабе 1:1 000 000. Степень наполнения карты следующая:

- страны: Россия, Украина, Беларусь, Казахстан;
- все регионы РФ;
- 50 000 населённых пунктов;
- 100 000 км автомобильных дорог.

Электронная карта была создана в среде профессионального ГИС - продукта ArcView GIS. Для решения задачи представления маршрутов на электронной карте было разработано программное обеспечение. Данное программное обеспечение отображает проекты, созданные в среде ArcView.

В разработанном проекте имеются следующие слои или темы:

- страны мира (векторные объекты – полигоны);
- регионы государств (векторные объекты – полигоны);
- населённые пункты (векторные объекты – точки);
- перекрёстки (векторные объекты – точки);
- автомобильные дороги (векторные объекты – линии).

Для манипуляций с объектами электронной карты были реализованы следующие инструменты:

- вызов диалогового окна построения маршрутов;
- отображение описания маршрута;
- вызов окна предварительного просмотра и печати описания маршрута;
- возврат к исходному масштабу;
- возврат к предыдущему масштабу;
- установить масштаб, при котором на экране отображается 25% карты мира;
- установить масштаб, при котором на экране отображается 50% карты мира;
- установить масштаб, при котором на экране отображается 75% карты мира;
- установить масштаб, при котором на экране полностью отображается карта мира;
- идентификация населённого пункта;
- запрет всех операций над электронной картой;
- увеличение масштаба электронной карты;
- уменьшение масштаба электронной карты;
- перемещение по карте.

Для реализации разработанных алгоритмов были выбраны следующие инструментальные средства:

- язык объектно-ориентированного программирования Delphi 5 (для реализации оболочки и алгоритмов работы системы);
- инструментальное средство разработки ГИС-приложений ArcView GIS 3.0a (для построения электронной карты транспортной сети);
- СУБД Oracle 8.0 (для реализации модели БД системы).

В качестве платформы была выбрана операционная система MS-Windows 98/NT.

Временная оценка работы алгоритма поиска оптимального маршрута: определение маршрута Калининград – Чита, с построением описания (легенды) маршрута, заняло 4 секунды. Характеристики аппаратного обеспечения, на котором проводилась работа:

- процессор Intel Pentium 200 MMX;
- жёсткий диск Quantum Fireball 3.1 Gb;
- оперативная память 64 Mb.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаджинский А.М. Основы логистики. М.: ИВЦ Маркетинг, 1995. 124 с.
2. Смехов А.А. Основы транспортной логистики. М.: Транспорт, 1995. 197 с.