

# Прикладные информационные системы и технологии

## К ВОПРОСУ О ЗАДАЧЕ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Блинов А.И.

Российский университет дружбы народов, artemkab@rambler.ru

**В данной работе рассмотрена задача о доставке грузов с учетом актуальных требований транспортных компаний, применимых на практике.**

Ключевые слова: транспортная задача, задача маршрутизации транспорта, маршрутизация перевозок, задача о доставке грузов.

### Введение

В настоящее время с развитием общества наблюдается постоянный рост производства товаров, что влияет на развитие бизнеса, связанного с транспортной логистикой и экспедированием. В случае большого объема товара и количества транспорта перед сотрудниками компаний встает трудоемкая задача построения оптимальных маршрутов следования и загрузки ТС для удовлетворения потребностей клиентов.

К сожалению, классическая постановка задачи не учитывает реальные особенности работы транспортных предприятий, что делает невозможным применение классических моделей на практике. В связи с этим, были проанализированы основные потребности логистических компаний и выявлены наиболее актуальные особенности для постановки задачи доставки грузов, применимой на практике.

### Классическая постановка задачи маршрутизации транспорта

Задача маршрутизации транспорта (ЗМТ) заключается в построении замкнутых маршрутов для нескольких ТС, проходящих через заданное множество целевых вершин, причем все маршруты должны начинаться и заканчиваться в одной точке называемой депо. Через каждую вершину должен проходить только один маршрут. Цель задачи – минимизировать общую стоимость объезда маршрутов. [2, 3]

*Математическая постановка классической ЗМТ:*

1.  $G(V, E)$  – граф с набором вершин ( $V$ ) и ребер ( $E$ ).
2.  $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$  – множество всех вершин, где  $v_0$  – депо (вершина, в которой начинаются и заканчиваются маршруты).
3.  $V' = V \setminus \{v_0\}$  – множество из  $n$  целевых вершин.
4.  $C$  – матрица стоимостей передвижения между вершинами, где  $c_{ij}$  – стоимость переезда между вершинами  $v_i$  и  $v_j$ .
5.  $m$  – количество ТС.
6.  $R_i = \{v_i, v_j, v_k, \dots\}$  – маршрут  $i$ -ого ТС.
7.  $C(R_i)$  – стоимость маршрута  $R_i$ .
8. Задача маршрутизации состоит в определении такого множества маршрутов  $m$  с минимальной общей стоимостью, чтобы каждая вершина множества  $V$  была посещена только одним ТС и только один раз. Все маршруты должны начинаться и заканчиваться в депо. Целевая функция: 
$$\mathbf{J} = \sum_{i=1}^m C(R_i) \rightarrow \min.$$

### Локальные особенности

#### *Учет характеристик ТС и перевозимого товара*

В классической постановке задачи используется только однородный транспорт, что обычно не соответствует действительности. Каждое транспортное средство характеризуется набором параметров: габариты кузова и/или общий объем, грузоподъемность, разрешенный перечень типов перевозимых грузов. Введение данной особенности обусловлено физическими различиями ТС и является неотъемлемой частью решения задачи.

#### *Множество депо и незамкнутый маршрут*

Логистические компании, как правило, используют собственный и наемный транспорт, который может быть рассредоточен по всей территории. В связи с этим

актуальной особенностью задачи является наличие множества пунктов отправления (депо). Кроме того, возврат транспорта обратно в депо пустым становится невыгодным. Весьма востребованной особенностью ЗМТ является возможность построения незамкнутого маршрута, в связи с этим, места выезда и возврата ТС могут не совпадать.

Постановка задачи с учетом данной особенности требует количества депо равного или меньшего количеству ТС. Каждое ТС в начальный момент времени может находиться в определенном пункте следования или являться самостоятельным пунктом, в котором не производится загрузка/выгрузка товара. Также для каждого ТС добавляется дополнительный признак, характеризующий необходимость возврата в пункт отправления.

#### ***Возможность частичной загрузки/разгрузки ТС в пунктах следования***

ТС может как забирать товар и транспортировать его на склад, так и принимать товар от других клиентов или со склада по пути следования. К примеру, крупные сетевые магазины могут перераспределять товар между точками продажи с учетом его потребности в определенный момент времени.

Для использования данного дополнения к постановке ЗМТ каждый пункт следования должен иметь два набора характеристик – грузы к отправлению из пункта и грузы к получению.

Стоит отметить, что при такой постановке ЗМТ появляется потребность в решении задачи распределения товаров, потому как удовлетворить потребности пунктов можно несколькими способами.

#### ***Транспортировка мультиноменклатурного груза***

В классической постановке задачи используется только одна номенклатура для перевозки, что часто не соответствует действительности, потому как транспортируемый товар может быть различным.

В связи с этим, в постановке задачи используются такие характеристики товара, как масса, объем и тип товара.

#### ***Учет приоритета обслуживания пункта***

Потому как в данной постановке задачи рассматривается различный, не однородный товар и ограниченное количество ТС, то при обслуживании пунктов необходимо учитывать приоритет их посещения за период планирования. Это обусловлено сроком годности товаров, срочностью выполнения заказа и другими факторами. В связи с тем, что количество ТС ограничено, в некоторых случаях не удается посетить все пункты в рамках отведенного времени. Для решения данной проблемы можно использовать приоритет обслуживания.

С введением приоритета обслуживания суммарная стоимость транспортировки грузов может быть уменьшена за счет добавления грузов с более низким приоритетом в ТС, которые загружены не полностью.

### **Постановка задачи доставки грузов**

В связи с фактами, перечисленными выше, появилась потребность описать транспортную задачу, которая включает в себя задачу маршрутизации транспорта и использует множество локальных особенностей двух задач для приближения постановки к практическому применению.

Опишем задачу доставки грузов следующей моделью –  $(V, A, T, C, R)$ .

1.  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$  – множество пунктов для приема/отправки груза. Для каждого пункта известно  $v_i = v_i(t_{i,m}, ti_{i,m}, a_{i,t})$ , где  $t_{i,m} = t_{i,m}(tn, tk, p)$ ,  $ti_{i,m} = ti_{i,m}(tn, tk, p)$  соответственно товар, который необходимо отправить/принять. Причем о каждом из товаров  $tn$  известно количество упаковок  $tk$  и степень срочности (приоритет)  $p \in (0,1)$ , этого действия.  $a_{i,t}$  – множество транспорта, который находится в данном пункте.

2.  $A = \{a_1, \dots, a_k\}$  – множество транспортных средств, где каждый элемент характеризует его возможности  $a_j = a_j(x_j, s_j, ab_j)$ . Здесь  $x_j$  содержит информацию о допустимых типах перевозимых грузов, грузоподъемности и объеме кузова ТС.  $s_j$  -

стоимость проезда одного километра пути, причем для каждого ТС учитывается степень загрузки – пустой (порожный пробег), половина объема, полная загрузка, недоступен (либо в пути, либо на ремонте),  $ab_j$  – признак необходимости возврата в исходную точку по окончании маршрута.

3.  $T = \{t_b, \dots, t_m\}$  – характеристики товаров, в перемещении которых возникла необходимость.  $t_p = t_p(m, tm, tv, tt)$ , где соответственно  $tp$  – название (код),  $tm$  – вес упаковки,  $tv$  – объем упаковки,  $tt$  – тип товара.

4.  $C = (c_{i_1, i_2})$  – стационарная стоимость перевозки товара из пункта  $i_1$  в пункт  $i_2$ . Таким образом, стоимость перевозки состоит из суммарной стационарной стоимости перевозки по маршруту, умноженной на стоимость проезда транспортного средства.

5.  $R = \{r_1, \dots, r_s\}$  – маршруты для ТС, где  $r_i = \{0, \dots, v_a, \dots, v_b, \dots, 0\}$  – последовательность объезда пунктов.

По существующим требованиям к изменению состава товара следует удовлетворить требованиям пунктов с приоритетом, превышающим некоторое заданное значение  $p^*$  за определенный период времени при минимизации общей стоимости перевозки с построением маршрутов ТС.

Целевой функцией задачи является построение таких маршрутов  $R$ , что суммарная стоимость объезда пунктов следования минимальна, т.е.  $\min_{i=1}^s C(r) \rightarrow \min$ , причем гарантируется доставка грузов с приоритетом выше  $p^*$ .

Заметим, что при  $p^*$  равном минимальному значению по всем положительным значениям  $p$ , задача сводится к расширенной транспортной задаче, в которой удовлетворяются все требования пунктов.

### Выводы

Решение задачи маршрутизации транспорта очень актуально на сегодняшний день с учетом постоянно увеличивающегося потока грузов. За последние 50 лет было разработано множество методов решения задачи маршрутизации транспорта [5]. Но, тем не менее, проблема предприятий транспортной логистики сегодня стоит также остро, как и ранее. Это объясняется тем, что классическая постановка задачи не может быть применима на практике, потому как не учитывает множество особенностей реальной работе компаний, занимающихся транспортной логистикой. В связи с этим, в данной работе предприятия попытки улучшения постановки задачи для возможности ее применения на практике.

### Литература

1. Blinov A.I., Tolmachev I.L. On transport task with due regard to real requirements // Вестник РУДН. Серия: математика, информатика, физика. №1, 2014. – стр. 106-112.
2. G. Clarke, J.W. Wright. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points // Operations Research, 12: 568-581, 1964.
3. Osman I.H. Metastrategy simulated annealing and tabu search algorithms for the vehicle routing problem // Ann. Oper. Res. 1993. Vol. 41. P. 421-451.
4. Дроздов, П.А. Основы логистики: учебное пособие. Минск: , 2008.
5. The VRP Web. URL: <http://neo.lcc.uma.es/vrp/>

## ON A PROBLEM OF DELIVERY OF CARGOES

Blinov A.I.

Peoples' Friendship University of Russia, artemkab@rambler.ru

*In this article we consider the problem of cargo delivery to meet current requirements of transport companies, applicable in practice.*

Key words: transportation problem, vehicle routing problem, transportation routing, transport flow.