

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ

Е. С. Лантратов

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, egor.lantratov.04@bk.ru*
*Научный руководитель – С. В. Рогозин, кандидат физико-математических наук,
доцент*

В статье продемонстрирован пример задачи маршрутизации транспорта, основанный на реальных данных, с несколькими видами ограничений и приведен алгоритм её решения. Актуальность данной темы обусловлена тем, что в наше время существует и появляется множество организаций, которые занимаются перевозками различных товаров, и они нуждаются в программном обеспечении, алгоритмах, системах, которые позволят им осуществлять данные перевозки наиболее оптимально.

Ключевые слова: задача маршрутизации транспорта; ЗМТ с ограничением грузоподъёмности; ЗМТ с возвратом товаров; ЗМТ с возможностью дозагрузки.

В статье на примере города Гродно, местного склада 202 и основных гродненских бизнес-центров будет рассмотрена возможная ситуация развозки бутылей воды для кулеров организацией «Амазон-Колорит» (Питьевая вода «202»).

Матрица расстояний между складом 202 и бизнес-центрами (в километрах), составленная с помощью Яндекс Карт (табл. 1).

Таблица 1

Матрица расстояний

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-	7,5	5,1	4,7	4,1	3,5	4,7	3,9	3,4	2,8	5,2	3,8	2,5
1	7,5	-	2,5	5,3	4,3	5,4	5,3	6,3	5,3	4,7	4,6	4,9	5,4
2	5,1	2,5	-	2,7	2,1	2,8	2,7	3,7	2,7	2,1	3,4	3,6	3,2
3	4,7	5,3	2,7	-	1	2,6	1,6	3,5	2,5	1,2	5,3	5,5	2,6
4	4,1	4,3	2,1	1	-	2,1	1,1	3	2	1,6	4,8	5	2,5
5	3,5	5,4	2,8	2,6	2,1	-	1,8	2,3	1,2	1,6	4,9	5	1,7
6	4,7	5,3	2,7	1,6	1,1	1,8	-	2,4	2,5	2	5,3	5,5	3
7	3,9	6,3	3,7	3,5	3	2,3	2,4	-	1,3	2,3	6,2	5,7	1,8
8	3,4	5,3	2,7	2,5	2	1,2	2,5	1,3	-	1	5,9	4,5	2,3
9	2,8	4,7	2,1	1,2	1,6	1,6	2	2,3	1	-	5,1	4,6	1,6
10	5,2	4,6	3,4	5,3	4,8	4,9	5,3	6,2	5,9	5,1	-	3,4	6,7
11	3,8	4,9	3,6	5,5	5	5	5,5	5,7	4,5	4,6	3,4	-	4,7
12	2,5	5,4	3,2	2,6	2,5	1,7	3	1,8	2,3	1,6	6,7	4,7	-

Исходя из информации на официальном сайте организации, 202 использует для доставок автомобили Mercedes Sprinter с допустимой полной массой до 3,5 тонн. Грузоподъемность данного автомобиля – 1040 кг. Допустим, что средняя масса водителя 80 кг, тогда на оставшиеся 960 кг приходится 50 бутылей по 19 литров воды. Примем, что пункты имеют следующее количество бутылей, которое необходимо доставить и вывезти (табл. 2).

Таблица 2

Количество ввоза и вывоза

Пункт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Итого
Ввоз	8	7	8	8	5	7	6	8	7	6	8	7	85
Вывоз	7	8	6	8	6	9	5	8	6	6	7	7	83

Необходимо составить такие маршруты, чтобы их общая протяженность была минимальна и заданное количество бутылей не было превышено. То есть решается задача маршрутизации транспорта с ограничением грузоместимости, с возвратом товаров и возможностью дозагрузки. Для начала необходимо пронумеровать пункты: начальная точка – 0, остальные нумеруем произвольно.

Далее необходимо набрать пункты в будущие маршруты. Сначала находим пункт, который находится ближе всего к начальной точке. Это пункт 12 (2,5 км от начальной точки). Далее рассматриваем расстояния от точек 0 и 12 и снова находим наименьшее – точка 9 (1,6 км от точки 12). Продолжаем выбор пунктов по данной системе далее, пока не достигнем максимально возможного количества бутылей. С оставшимися пунктами производятся такие же действия. Получено два набора пунктов (табл. 3).

Таблица 3

Пункты, входящие в маршруты, и количества бутылей, которое необходимо привезти и вывезти из них

Пункты маршрута №1	12	9	8	5	3	4	Итого
Ввоз	7	7	8	5	8	8	43
Вывоз	7	6	8	6	6	8	41
Пункты маршрута №2	11	10	2	1	6	7	Итого
Ввоз	8	6	7	8	7	6	42
Вывоз	7	6	8	7	9	5	42

Теперь из отобранных пунктов необходимо составить оптимальные маршруты. Для этого создаем матрицу расстояний между пунктами пер-

вого маршрута, и также выводим строку с суммами всех расстояний соответствующих столбцов (табл. 4).

Таблица 4

Матрица сумм и расстояний между пунктами первого маршрута

0.	4,7	4,1	3,5	3,4	2,8	2,5
4,7	3.	1	2,6	2,5	1,2	2,6
4,1	1	4.	2,1	2	1,6	2,5
3,5	2,6	2,1	5.	1,2	1,6	1,7
3,4	2,5	2	1,2	8.	1	2,3
2,8	1,2	1,6	1,6	1	9.	1,6
2,5	2,6	2,5	1,7	2,3	1,6	12.
21	14,6	13,3	12,7	12,4	9,8	13,2

Для начального маршрута выбираем три пункта с наибольшими суммами в соответствующих столбцах: 0 – 3 – 4 – 0. Далее рассматриваем точку 12 (следующую по величине суммы). Ее необходимо вставить в один из промежутков: 0 – 3, 3 – 4 или 4 – 0. Определяем это с помощью формулы приростов длины маршрута:

$$\Delta l_{i-j} = l_{i-k} + l_{k-j} + l_{i-j},$$

где l_{i-k} – расстояние от первой точки звена до включаемой; l_{k-j} – расстояние от включаемой точки до второй точки ребра; l_{i-j} – длина ребра.

Получаем:

$$\Delta l_{0-3} = l_{0-12} + l_{12-3} + l_{0-3} = 2,5 + 2,6 - 4,7 = 0,4;$$

$$\Delta l_{3-4} = l_{3-12} + l_{12-4} + l_{3-4} = 2,6 + 2,5 - 1 = 4,1;$$

$$\Delta l_{4-0} = l_{4-12} + l_{12-0} + l_{4-0} = 2,5 + 2,5 - 4,1 = 0,9.$$

Наименьший прирост длины маршрута наблюдается при добавлении точки 12 в промежуток 0 – 3. Получаем маршрут: 0 – 12 – 3 – 4 – 0. Затем рассматриваем точку 5, рассчитываем приросты длины и так далее.

В итоге находим маршрут: 0 – 12 – 9 – 3 – 4 – 5 – 8 – 0. Дальше необходимо проверить данный маршрут по грузопместимости. Она не превышает ни на одном из пунктов. Данный маршрут оптимален, его длина: $L_1 = 2,5 + 1,6 + 1,2 + 1 + 2,1 + 1,2 + 3,4 = 13$ км. С пунктами, включенными во второй маршрут, производятся аналогичные действия.

Таким образом, получаем два оптимальных маршрута:

- 1) 0 – 12 – 9 – 3 – 4 – 5 – 8 – 0 (Склад 202 – Юлан – Берег Немана – Замковый – Силуэт – Фобус – Клад – Склад 202), протяженностью 13 километров, с количеством доставки – 43 бутылки и количеством вывоза – 41;
- 2) 0 – 7 – 6 – 2 – 1 – 10 – 11 – 0 (Склад 202 – Форт – На Вилейской – Марро – Нивасан – Пеликан Руж – Тринити – Склад 202), длиной 23,3 километра, с количеством доставки – 42 и количеством вывоза – 42.

Данные оптимальные маршруты обеспечивают минимальный пробег транспортного средства, полное удовлетворение спроса клиентов, полный вывоз пустых бутылок и допустимую грузоподъемность на всех пунктах маршрута.

Библиографические ссылки

1. «Амазон-Колорит» (Питьевая вода «202») [Электронный ресурс] // 202: сайт. URL: <https://www.202.by/> (дата обращения: 15.05.2024).

2. Задача маршрутизации транспорта [Электронный ресурс] // Lobanov Logist: сайт. URL: https://www.lobanov-logist.ru/library/all_articles/55059/ (дата обращения: 15.05.2024).

3. Домке Э. Р., Жесткова С. А. Методы оптимизации маршрутных схем развозки грузов автомобильным транспортом: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Пенза: ПГУАС, 2014. 164 с.

4. Неплохов И. Е. Применение эвристического алгоритма для решения задачи маршрутизации транспорта в условиях ограничений по грузоподъемности [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. URL: https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/7855/1/%D0%9D%D0%B5%D0%BF%D0%B%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B2%20%D0%98.%D0%95._%D0%9F%D0%9C%D0%98%D0%B1-1402.pdf (дата обращения: 15.05.2024).