

## Геометрические методы трассировки транспортно-логистических сетей

К. А. Куспеков<sup>1</sup>, С.И.Ротков<sup>2</sup>

[kuspekov\\_k@mail.ru](mailto:kuspekov_k@mail.ru) | [rotkovs@mail.ru](mailto:rotkovs@mail.ru)

<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

*В статье рассматриваются геометрические методы решения логистических задач по определению оптимальной конфигурации разветвленных транспортных сетей для адресования грузов по кратчайшему маршруту. В качестве критерий оптимальности выступает суммарная длина отрезков сети.*

**Ключевые слова:** транспортно-логистическая сеть, оптимальная конфигурация, евклидова модель, евклидова расстояние, вес точки, кратчайшие линии.

## Geometrical methods of tracing of transport-logistic networks

К. А. Kuspekov<sup>1</sup>, S.I.Rotkov<sup>2</sup>

[kuspekov\\_k@mail.ru](mailto:kuspekov_k@mail.ru) | [rotkovs@mail.ru](mailto:rotkovs@mail.ru)

*The article considers the geometric methods for solving logistical problems to determine the optimal configuration of branched transportation networks for the targeting of cargo along the shortest route. As an optimality criterion serves the total length of the network segments.*

**Keywords:** transport-logistic network, optimal configuration, Euclidean model, Euclidean distance, weight is points the shortest lines.

### 1. Введение

Транспортная логистика — это вид логистики, управляющей комплексом операций, обеспечивающих физическое перемещение товарно-материальных ценностей между участниками цепи поставок с минимальными затратами, т. е. перемещение требуемого количества товара в нужную точку, оптимальным маршрутом за требуемое время и с наименьшими издержками. Затраты на создание любого товара складываются из себестоимости изготовления и издержек на выполнение всех работ в цепи «производитель — конечный покупатель». Движение материального потока от первичного источника сырья до конечного потребления требует затрат, которые могут достигать до 50 % от общей суммы затрат на логистику. Предметом транспортной логистики являются рациональная организация

процессов перемещения грузов. К задачам, решаемым транспортной логистикой, специалисты относят: 1) создание транспортных систем, в том числе создание транспортных коридоров и транспортных цепей; 2) обеспечение технологического единства транспортно-складского процесса; 3) совместное планирование транспортного процесса со складским и производственным; 4) определение рационального маршрута доставки груза; 5) выбор типа и вида транспортного средства; 6) совместное планирование транспортных процессов на различных видах транспорта [1].

Пропускная способность транспортной сети, определяется количеством грузов, проходящего через рассматриваемый участок в единицу времени, и является основным показателем эффективности работы и позволяет в целом уменьшить

эксплуатационные затраты [2], поэтому в качестве критерий оптимальности сети выступает транспортное расстояние.

На основе выше приведенного следует, выбор рациональной трассировки и построения оптимальной конфигурации транспортно-логистической сети, определение кратчайшего пути адресов грузов от места погрузки до места разгрузки является одной из основных задач логистики разветвленных транспортных сетей.

## 2. Постановка задачи

Оптимизация транспортно-логистической сети заключается в следующем, для некоторого заданного количества пунктов, требуется определить количество и наилучшее расположение дополнительных пунктов, так, чтобы суммарная длина сети соединяющие эти пункты была минимальным. Также требуется определить кратчайший путь перемещения грузов к пунктам. Вводится следующие ограничение - вес в пунктах имеет различные значения.

В процессе проектирования пункты геометрический моделируются точками, транспортные средства, соединяющие эти пункты – линиями.

В такой постановке решение проблемы сводится к обобщению геометрической задачи Штейнера в пространствах с евклидовыми расстояниями [3,4] – построение кратчайших связывающих линий для заданного множества точек с введением дополнительных точек, оптимизирующей ее решение.

## 3. Методы решения

В результате исследования, проведенного в целях выбора методики построения и формирования оптимальной конфигурации транспортно – логистической сети, удовлетворяющего выше требованиям, взята следующая технология построения, разбиения

множества точек на отдельные подмножества.

1 шаг. Рассмотрим конечное множество точек  $M = \{1, 2, \dots, m\}$ .

2 шаг. Рассмотрим некоторое количество семейство подмножества  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  из конечного множества  $M$ , чтобы они образовывали разбиение множества  $M$ , и длина этого разбиения была минимальной, минимум берется по множеству всех возможных разбиений.

3 шаг. Определяются координаты пунктов погрузки и разгрузки грузов (точки) и вычисляются расстояния между ними по формуле :

$$d(M_1 M_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}; \quad (1)$$

где  $x_1, y_1$  - декартовы координаты точки  $M_1$ ;

$x_2, y_2$  - декартовы координаты точки  $M_2$ ;

4 шаг. Из множества точек выбираются две точки, расстояние между которыми не больше, чем для любой другой пары. Строится кратчайшее дерево (КД).

5 шаг. Определяется очередная точка, которая должна быть подключена к дереву.

6 шаг.. После построения КД может возникнуть необходимость соединения на следующем шаге двух КД и дающих начало новой группе соединяемых точек, т.е. образуется новое кратчайшее поддерево. Такие поддеревья дальше должны соединяться между собой на основе принципа наименьшего удлинения КД при каждом отдельном шаге построения. Для определения координат дополнительно вводимой точки и расстояние применяем различные построения Штейнера [4] и формулу (1).

7 шаг. В конце получаем единственное кратчайшее дерева, суммарная длина всех отрезков соединяющих заданные и дополнительно вводимые точки является минимальным.

8 шаг. На этом шаге рассчитывают сравнительную экономическую эффективность с несколькими вариантами сети отвечающим наперед заданным требованиям.

9 шаг. После выбора окончательного варианта конфигурации транспортно – логистической сети выбирают вид транспорта соединяющие все пункты и определяют основные параметры для укрупненного технико-экономического расчета.

#### 4.Реализация трассировки

Рассмотрим построение сети для девяти исходных точек  $M_1; M_2; M_3; M_4; M_5; M_6; M_7; M_8$  и  $M_9$ .

Исходные точки разбиты на три подмножества. Первое подмножество из пяти точек  $M_2, M_3, M_4, M_6, M_8$ ; второе подмножество из двух точек  $M_6, M_7$ ; третье подмножество из четырех точек –  $M_1, M_5, M_7, M_9$ .

Точки первого подмножества расположены на вершинах выпуклого пятиугольника. Для подмножества, состоящего из 5 точек, существует 15 вариантов решения [4]. Графически формируется все варианты построения сети для каждого подмножества, сравниваются и определяется, какая сеть имеет минимальную длину (Определяется кратчайшее дерево Штейнера -  $КДШ_1$ ).

Второе подмножество  $M_6-M_7$  определяет  $КДШ_2$ . Точки третьего подмножества –  $M_1, M_5, M_7, M_9$  расположены на вершинах выпуклого четырехугольника. Здесь допускается 3 варианта соединения.

В качестве примера приведем построения для первого подмножества сети, с учетом весов в точках для случая  $q_1 \geq q_2 + q_3 + q_4 + q_5$ .

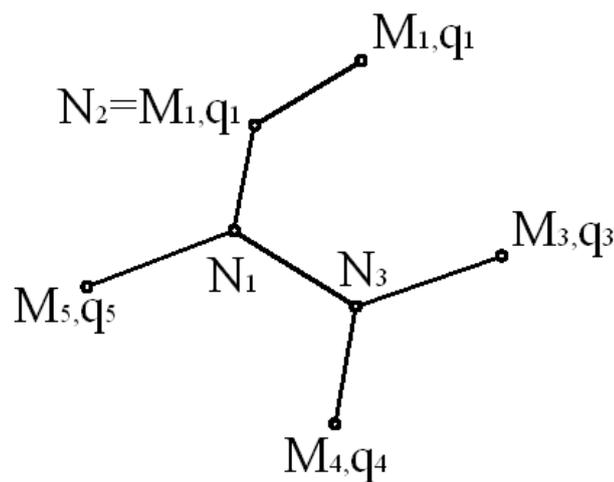


Рисунок 1 – Геометрическая модель транспортно-логистической сети для первого подмножества состоящий из 5 пунктов

Длина всего сети равна сумме длин подмножества  $КДШ_5, КДШ_2$  и  $КДШ_4$ . Длина первого подмножества равна длине отрезка  $[M((2, 3), 6), 8, M_4]$ , длина второго - длине отрезка  $[M_6, M_7]$  и длина третьего - длине отрезка  $[M_1, 5M_7, 9]$ .

Поэтому для  $КДШ_9$  имеем, что его длина складывается из трех слагаемых:  $|M_4M((2, 9), 8)| + |M_6M_7| + |M_1, 5M_7, 9|$ .

#### Заключение.

Определение оптимальной конфигурации логистических разветвленных транспортных сетей является многовариантной задачей. Предложенная методика геометрического моделирование позволяет анализировать на каждом этапе построения сети всю информацию и корректировать работу логистической системы. Определить кратчайшее транспортное расстояние и направление маршрутов грузов по сети. Увеличивает наглядность процесса перемещения грузов и помогает проанализировать все этапы работы.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Еремеева Л. Э. Транспортная логистика : учебное пособие .Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2013. — 260 с.
- 2 Аллегри Т. Транспортно-складские работы. М.: Машиностроение, 1989.- 395с. /перевод с англ.
- 3 Куспеков К.А. Геометрические методы решения задач логистики трассировки транспортных сетей// Материалы Международного конгресса «Архитектура. Транспорт Строительство». 1-3 октября 2013 г. – Омск, 2013. –С.
- 4 Есмухан Ж.М., Куспеков К.А. Прикладная геометрия инженерных сетей. /Монография. – Алматы.: Гылым, 2012г.-132с.

## Сведения об авторах

Куспеков Кайырбек Амиргазыулы, к.т.н., доцент, <sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, Докторант Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета

E-mail: kuspekov\_k@mail.ru

Ротков Сергей Игоревич, д.т.н., проф., зав. Кафедрой инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета.

E-mail: rotkov@nngasu.ru