

РАЗРАБОТКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ РАБОТ

Куспеков К.А.¹

¹*«Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева», Алматы, Казахстан (050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22), e-mail: kuspekov_k@mail.ru*

Транспортная сеть рассматривается как разновидность инженерных сетей. Приведены технико-экономическое обоснование и планировка транспортных сетей, влияние геометрии трассы на конфигурацию сети. Рассматривается методика построения оптимальной конфигурации сети для погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских (ПРТС) работ, позволяющей адресовать груз по кратчайшему пути от пункта отправки до пункта назначения. В процессе проектирования транспортная схема сети геометрически моделируется кратчайшими линиями, связывающими заданные пункты. Решение сводится к проблеме Штейнера – построению кратчайшего дерева для заданного множества точек с введением дополнительных вершин, оптимизирующих ее решение. Предлагаются евклидова, ортогональная и полярная модели сети для расчета транспортных схем ПРТС работ. Каждая из приведенных моделей в процессе проектирования может применяться как самостоятельно, так и в сочетании с другими моделями.

Ключевые слова: кратчайшие линии, кратчайшее дерево, евклидова модель, ортогональная модель, полярная модель.

DEVELOPMENT OF GEOMETRICAL MODELS OF TRANSPORT NETWORKS FOR CARGO HANDLING AND TRANSPORT-WARE-HOUSE WORKS

Kuspekov K.A.¹

¹*«The Kazakh national technical university of K.I.Satpayeva», Almaty, Kazakhstan (050013, Almaty, Satpayev St,22), e-mail: kuspekov_k@mail.ru*

A transport network is examined as a variety of engineering networks. Resulted feasibility study and planning of transport networks, influence of geometry of route on network configuration. The method of constructing an optimal network configuration for cargo handling and transport and storage (MRTS) works to specifically address the cargo along the shortest path from point of departure to destination point. In the process of planning a transport chart of network the geometrical is designed by the shortest lines relating the set points. A decision is taken to the problem of Steiner to the – construction of the shortest tree for the set great number of points with introduction of additional tops optimizing her decision. The Euclidean, orthogonal and arctic model of network is offered for the calculation of transport charts of MRTS of works. Each of the brought models over in the process of planning can will be used both independently and in combination with other models.

Keywords: the shortest lines, the shortest tree, euclidean model, orthogonal model, polar model.

Введение

Для погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских (ПРТС) работ характерно наличие большого количества отправных и приемных пунктов. Следствием этого является разветвленность транспортных сетей, сопровождающихся формированием некоторого количества дополнительных транспортных пересечений: пункты «хранение», «складирование», «узлы» и «основные устройства», координаты которых являются неизвестными. Грузопоток является основным показателем ПРТС работ, характеризующим процесс перемещения груза не только с количественной, но и с организационной стороны. Затраты на погрузку и разгрузку в основном являются постоянными, тогда в качестве переменной величины выступает транспортное расстояние. Расстояние от пункта отправки

до пункта назначения груза существенным образом влияет на технико-экономические и эксплуатационные показатели транспортной сети. Повышение пропускной способности сети определяется количеством грузов, проходящих через рассматриваемый участок в единицу времени, и является основным показателем эффективности работы и позволяет в целом уменьшить эксплуатационные затраты [1; 2].

Исходя из вышеописанного одной из основных задач оптимизации транспортных сетей ПРТС работ является определение кратчайшего пути перемещения и направления грузов от места отправки до места доставки [4].

Одним из вариантов решения поставленной задачи являются геометрические методы построения оптимальной конфигурации инженерных сетей [3; 5], позволяющие использовать единый подход к решению такого класса задач на исходном этапе разработки моделей конфигурации сети. В процессе проектирования транспортных сетей ПРТС работ пункты «хранение», «складирование», «узлы», «оборудование» и «основные устройства» геометрически моделируются точками, а транспортные средства, предназначенные для доставки грузов и связывающие эти пункты, – линиями. Решение сводится к построению кратчайших связывающих линий для заданного множества точек [5].

Преимущества графо-геометрического изображения транспортных сетей ПРТС работ увеличивает наглядность процесса перемещения грузов, помогает проанализировать все этапы работы и выбрать оптимальную конфигурацию сети.

Цель работы: разработать геометрические модели транспортных сетей ПРТС работ на основе построения кратчайших связывающих линий для заданного множества точек плоскости с различной конфигурацией и метрикой, а также методику расчета таких сетей.

Материал и методы исследований: методы оптимизации, инженерные сети, геометрическое моделирование, обобщение построения метода Штейнера.

Результаты и обсуждение

Особенности конфигурации транспортных сетей ПРТС работ заключаются в том, что они зависят от различных факторов, присущих только данной отрасли промышленности. Поэтому важным является технико-экономическое обоснование и планировка транспортных сетей. На этой стадии изучается геометрия трассы для перемещения грузов. Трасса представляется как последовательность отрезков пересекающихся прямых или криволинейных отрезков. Протяженность трассы между отдельными пунктами должна быть минимальной. Элементы трассы должны в полной мере отвечать специфике расположения и движения транспортных средств. Трасса сети в плане представляет собой прямую или ломаную линию. Для установления положения прямых в профиле необходимо иметь данные: отметки начальной и конечной точек, максимальный и минимальный допустимые уклоны

трассы. В зависимости от физического пространства приходится рассматривать различные модели сети метрического пространства, соответствующие данному физическому пространству. Для транспортной сети ПРТС работ разработаны и предлагаются следующие модели пространства: евклидова (рис. 1), ортогональная (рис. 2) и полярная (рис. 3).

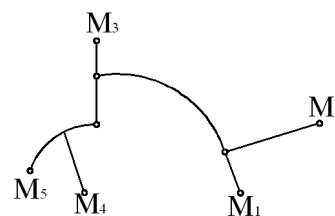
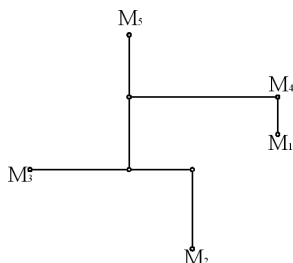
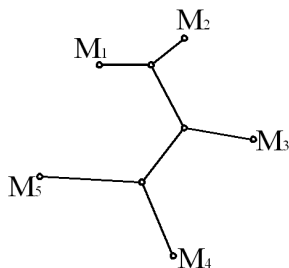


Рис. 1. Евклидова модель

Рис. 2. Ортогональная модель

Рис. 3. Полярная модель

Рассмотрим построение приведенных моделей транспортных сетей, связывающих пять заданных пунктов. Для этой цели используем метод Штейнера - в метрическом пространстве требуется построить кратчайшее дерево, вершины которого располагаются в заданных неподвижных точках M_i , требуется определить координаты дополнительно вводимых точек N_i (пересечение отрезков), позволяющих получить более короткую сеть. N_i называют точкой Штейнера, и её положение определяется геометрическими построениями [5]. Необходимые условия и свойства [5; 6], которым должна отвечать кратчайшая связывающая линия на плоскости с евклидовой метрикой: 1) кратчайшая связывающая линия представляет собой дерево, т.е. не имеет замкнутых участков; 2) если точка M является вершиной кратчайшего дерева, то в ней сходятся не более трех отрезков; 3) если из вершины кратчайшего дерева выходят три отрезка, то они образуют между собой углы, равные 120° ; 4) если в данной вершине сходятся два отрезка кратчайшего дерева, то угол между ними не может быть меньше 120° ; 5) кратчайшая линия, связывающая n точек, имеет не более $n-2$ точек Штейнера. Необходимые условия и свойства кратчайших отрезков с ортогональной и полярной метрикой сформулированы и приведены в [5; 7]. На основе вышеизложенного для построения оптимальной конфигурации геометрических моделей транспортных сетей ПРТС работ, связывающей заданные пункты погрузки и разгрузки, предлагается следующая методика расчета.

Шаг 1. Заданные пункты сети геометрически моделируются точками.

Шаг 2. В зависимости от рассматриваемого метрического пространства выбирается одна из моделей транспортной сети (рис. 1-3).

Шаг 3. Производится анализ и изучение геометрии трассы сети. В плане ее можно представить прямой, ломаной или кривой линией.

Шаг 4. Для установления положения линии необходимо иметь данные об отметке начальной и конечной точек, максимальный и минимальный допустимый уклон трассы.

Шаг 5. Определяются координаты точек и вычисляются расстояния между ними по формуле:

$$\text{для евклидовой модели } d(M_1M_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}; \quad (1)$$

$$\text{для ортогональной модели } d(M_1M_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|; \quad (2)$$

для полярной модели

$$d(M_1M_2) = \begin{cases} \rho_1 + \rho_2, & \text{если } |\varphi_1 - \varphi_2| \geq 2, \\ |\rho_1 - \rho_2| + |\rho_1(\varphi_1 - \varphi_2)|, & \text{если } |\varphi_1 - \varphi_2| < 2 \text{ и } \rho_1 < \rho_2, \\ |\rho_1 - \rho_2| + |\rho_2(\varphi_1 - \varphi_2)|, & \text{если } |\varphi_1 - \varphi_2| < 2 \text{ и } \rho_1 > \rho_2, \end{cases} \quad (3)$$

где x_1, y_1 - декартовы координаты точки M_1 ;

x_2, y_2 - декартовы координаты точки M_2 ;

ρ_1, φ_1 - полярные координаты точки M_1 ;

ρ_2, φ_2 - полярные координаты точки M_2 .

Шаг 6. Из множества точек выбираются две точки, расстояние между которыми не больше, чем для любой другой пары. Строится кратчайшее дерево (КД) [5].

Шаг 7. Определяется очередная точка, которая должна быть подключена к дереву.

Шаг 8. После построения КД может возникнуть необходимость соединения на следующем шаге двух КД, дающих начало новой группе соединяемых точек, т.е. образуется новое кратчайшее поддерево. Такие поддерева дальше должны соединяться между собой на основе принципа наименьшего удлинения КД при каждом отдельном шаге построения.

Шаг 9. В конце получают единственное дерево, связывающее все точки (заданные и точки Штейнера) отрезками.

Шаг 10. Рассчитывают экономическую эффективность путем сравнительно технико-экономического анализа с несколькими вариантами сети, отвечающими наперед заданным требованиям.

Шаг 11. После определения окончательного варианта конфигурации трассы выбирают вид транспорта и определяют основные параметры для укрупненного технико-экономического расчета.

Если в физическом пространстве существует действующая схема транспортной сети, то при помощи данного метода также можно определить кратчайший маршрут перемещения груза с места погрузки в заданный пункт.

Используя геометрические модели, специалист в процессе разработки трассы сети может сочетать данные модели, т.е. получить комбинированные модели сети, отвечающие наперед заданным требованиям.

Выводы

Определение оптимальной конфигурации транспортных сетей ПРТС работ является сложной и многовариантной задачей. Установлено, что транспортное расстояние существенным образом влияет на эксплуатационные затраты. Для определения конфигурации транспортных сетей, имеющей суммарную минимальную длину, предлагаются евклидовы, ортогональные и полярные геометрические модели, т.к. графо-геометрическое изображение транспортных сетей ПРТС работ увеличивают наглядность процесса адресования грузов, помогают специалисту проанализировать все этапы работы и выбрать оптимальную конфигурацию сети. Методика расчета использует принцип наименьшего удлинения [5], позволяющий построить кратчайшие сети в пространствах с различной метрикой.

Список литературы

1. Аллегри Т. Транспортно-складские работы / пер. с англ. - М. : Машиностроение, 1989. – 395 с.
2. Андреев И.В. Механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ на складах. – Куйбышев : КГУ, 1990. – 50 с.
3. Волков В.Я. Алгоритм построения кратчайшей сети автомобильных дорог / В.Я. Волков, К.А. Куспеков // Вестник Куз ГТУ. Кузбасс. - 2011. - № 19. – С. 66-68.
4. Джиенкулов С.А. Геометрические методы определения кратчайшего маршрута при погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работах / С.А. Джиенкулов, К.А. Куспеков // Поиск. – 1995. - № 4. - С. 127-130.
5. Есмухан Ж.М. Прикладная геометрия инженерных сетей : монография. / Ж.М. Есмухан, К.А. Куспеков. – Алматы : Ғылым, 2012. - 132 с.
6. Melzak S.A. On the problem of Steiner // J. Canad. Math. Bull. - 1961. - V. 4. - P. 143-148.
7. Hanan M. On Steiner's problem with rectilinear distance // SIAM. J. Appl. Math. - 1966. - Vol. 14, № 2. – P. 203-216.

Рецензенты:

Турдалиев Ауезхан Турдалиевич, доктор технических наук, профессор, директор института промышленной инженерии Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева, г. Алматы.

Сурашов Нургали Толымбекович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой подъемно-транспортных машин и гидравлики Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева, г. Алматы.