МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ НА КАРЬЕРАХ

Куспеков К.А.,
Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева
г. Алматы, Республика Казахстан
kuspekov_k@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопросы определения кратчайшего пути транспортирования горной массы от места погрузки до места разгрузки. Моделирования транспортных сетей рассматривается с позиции евклидовой плоскости и построения кратчайших связывающих линии для заданного множества точек с учетом веса.

Ключевые слова: геометрическая модель, кратчайшие линии, вес точки, дерева Штейнера, кратчайшее дерева, оптимальная конфигурация сети.

SIMULATION OF TRANSPORT NETWORKS IN PITS

Kuspekov K.,
The Kazakh national technical university of K.I.Satpaeva
(Almaty,Republic of Kazakhstan)

Abstract. The article discusses issues of determining the shortest path transportation of rocks from the place of loading to the place of unloading. Modeling of transport networks is considered from the perspective of the Euclidean plane and constructing shortest connecting lines for a given set of points with the weight.

Keywords: geometric model, the shortest line, the weight of the point, Shteiner tree, the shortest tree, the optimal network configuration.

Введение. При разработке месторождении в условиях карьеров транспортирование горной массы находится в тесной взаимосвязи со смежными технологическими процессами: разрушением, выемкой, погрузкой, складированием и отвалообразованием. Транспортирование на карьере является важнейшим звеном технологического процесса добычи и в значительной степени определяет эффективность и экономичность разработки. Эффективным видом транспорта является различные виды конвейеров. В настоящее время на практике получают распространение так называемые мобильные конвейеры, имеющие секции небольшой длины и массы, легко и быстро передвигаемые с помощью тракторной тяги или переносимые кранами [1]. Транспортная сеть в общем случае включает: забойные конвейеры, принимающие груз от экскаваторов; передаточные конвейеры, соединяющей забойный конвейер с отвальным или подъемным; отвальные, подающие вскрышную породу на отвалообразователь; магистральные, наклонные (подъемные) или горизонтальные конвейеры, собирающие грузопотоки с нескольких уступов; межуступные перегружатели.

Оптимизация общей схемы транспортной сети, как правило, может быть выполнена только при проектировании горного предприятия в целом, так как многообразие вариантов схем определяется горнотехническими условиями. Однако, даже при выбранной общей схеме транспорта, проектирование единичной протяженной конвейерной линии является многовариантной задачей [2]. Одним из основных направлений оптимизации транспортных сетей является определение кратчайшего пути транспортирования горной массы.

Постановка задачи. Задача оптимизации транспортных сетей на поверхности месторождения заключается в том, чтобы для некоторого заданного количества пунктов погрузки и разгрузки, отвалов, места складирования и других пунктов, требуется определить количество и наилучшее расположение дополнительных пунктов (объединения или разъединения) и определить кратчайший путь транспортирование, соединяющий эти пункты.

Наиболее простая постановка задачи оптимизации транспортной сети заключается в представлении земной поверхности в виде плоскости и отсутствии на ней “запретных” зон. Решение такой задачи является, безусловно, ориентированным, требующим последующей корректировки транспортной схемы с учетом рельефа поверхности. Пункты геометрический моделируется точками а транспортные средства соединяющие эти пункты линиями [3].

В такой постановке конструирование транспортной сети сводится к решению геометрической задачи Штейнера в пространствах с евклидовой метрикой [4] – построение кратчайших связывающих линий для заданного множества точек с введением дополнительных точек, оптимизирующих ее решение.

Геометрическое моделирование транспортной сети. Геометрической моделью транспортной сети является конфигурации кратчайших отрезков связывающих фиксированное множества точек и дополнительно вводимых точек плоскости, называемые точками Штейнера. Необходимо построить связывающую сеть с добавлением дополнительных вершин так, чтобы суммарная длина пути связывающих эти пункты определялась из выражения

$$L = \sum_i \sum_j q_{ij} d_{ij}$$

где q_{ij} - коэффициент, зависящий от многих факторов: стоимости транспортирования, металлоемкости, затрат на строительство и эксплуатацию и др.;

d - расстояния между пунктами i и j.

Здесь следует отметить, что коэффициент q еще зависит от величины d. Кратчайшие отрезки связывающая n точек плоскости, обладает следующими необходимыми условиями [5]:

- кратчайшая линия не имеет замкнутых участков, т.е. она представляет собой «дерево». Действительно, если она имеет замкнутый участок, то разомкнув этот участок можно укоротить длину связывающей линии;
- угол между линиями, выходящими из одной вершины кратчайшей связывающей линии, составляет не менее 120°.
- в любой вершине кратчайшей связывающей линии сходятся не более трех линий (отрезков). Это условие является следствием того, что угол между линиями составляет не менее 120°.
- кратчайшая линия, связывающая n точек, имеет не более n-2 точек Штейнера.

Методика построения. Построения и определения оптимальной конфигурации кратчайших связывающих линии с различными значениями веса для n точек плоскости реализуется в три этапа:

1-этап. Изучается расположения заданных точек и вычисляются расстояния между ними по формуле

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

2-этап. Определяется конфигурация исходной сети, значения веса в точках принимается равными, $q_1=q_2,\ldots, q_n$. На основе принципа наименьшего удлинения [5] точки множества соединяются кратчайшими отрезками. Строится кратчайшее дерева (КД) для этих точек, расстояния между точками и образованными КД каждого подмножества должны далее соединяться между собой в порядке, установленном на основе принципа наименьшего удлинения КД при каждом отдельном шаге его построения. В конечном итоге формируется евклидова конфигурация кратчайшего дерево для точек M_1, $M_2,\ldots, M_m$ и точек Штейнера N_1, $N_2,\ldots,N_n$ имеющую суммарную минимальную длину.

3-этап. Производится корректировка конфигурации сети с учетом значении веса в точках, т.е. при $q_1 \neq q_2 \neq \ldots \neq q_n$. Здесь также применяем алгоритм построения дерева кратчайшей длины на основе принципа наименьшего удлинения:

1 шаг. Точки сети разбиваем на отдельные подмножества с учетом веса. Исходная сеть деформируется. Для каждого подмножество точек M_1, $M_2,\ldots M_m$ и точек Штейнера N_1, $N_2,\ldots,N_n$ строится кратчайшее дерева. Координаты точек N_n определяется геометрическими построениями Штейнера. Геометрия топологии кратчайшего дерева для трех, пяти точек с учетом веса исследованы в [5,6].

2 шаг. Полученные кратчайшие деревья каждого подмножество объединяются в одно дерево.

3 шаг. Сравнивается все варианты конфигурации и суммарная длина сети.

На рисунке 1 показан пример построения сети для пяти точек плоскости при равных значениях q с использованием первого и второго этапа приведенной методики. Суммарная минимальная длина сети равно:

$$L = q(|M_1N_2| + |M_2N_2| + |N_2N_1| + \\ + |M_3N_3| + |M_4N_3| + |N_1N_3| + |M_5N_1|)$$

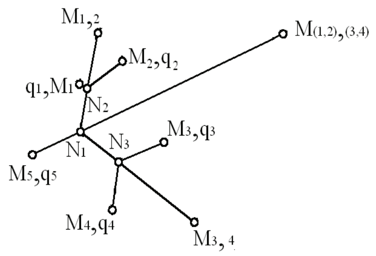

Рис. 1. Конфигурация сети для пяти точек при равных значениях q

Пусть вес в точках имеет следующие соотношения: $q_4 \geq q_1 + q_2 + q_3 + q_5$. Используем третьи этап построения выше приведенной методики определения оптимальной конфигурации сети, рисунок 2.

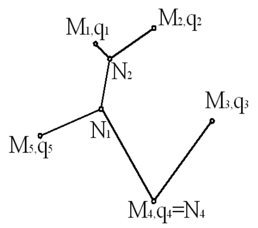

Рис. 2. Конфигурация сети для пяти точек при q4 ≥ q1 + q2 + q3 + q5

Точки исходной сети разбивается на подмножества. Рассмотрим трехточечное подмножества $M_3M_4M_5$. Для того чтобы три произвольных отрезка соединяющие эти отрезки образовали треугольник, они должны удовлетворять следующим неравенствам [5]:

$$q_5 < q_3 + q_4;\ q_4 < q_3 + q_5;\ q_3 < q_4 + q_5. \qquad (1)$$

Неравенства (1) являются необходимыми и достаточными условиями того, чтобы точка Штейнера N находилась внутри треугольника $M_3M_4M_5$. Если одно из приведенных неравенств не выполняется, например в нашем случае вес в этих точках имеет соотношения:

$q_5 + q_3 < q_4$, то точка N_3 совпадает с одной из заданных точек, в нашем случае с вершиной M_4. Получим $M_4, q_4 = N_4$, где $N_3 = N_4$. Здесь возможны и другие варианты разбиение точек на подмножества и построения других конфигурации. Сравнивая все варианты конфигурации и суммарной длины сети, определяем оптимальную сеть.

Заключение. Таким образом, при различных значениях коэффициента *q* меняется конфигурация исходной сети. Приведенная методика позволяет получить различные варианты конфигурации моделируемой сети на различных этапах проектирования, а также произвести сравнительные расчеты технико-экономического обоснования проектов транспортной сети отвечающих наперед заданным требованиям.

Список литературы

1. Васильев М.В. Транспортные процессы и оборудования на карьерах/ Васильев М.В. // М.: Недра, 1986, - 239с.
2. Дьячков В.А., Шахмейстер Л.Г. и др. Ленточные конвейеры в горной промышленности / Дьячков В.А., Шахмейстер Л.Г. и др. Под.ред. Спиваковского А.О.// М.: Недра, 1982, -349с.
3. Стрекачинский г. А. Оптимальное размещение транспортных сетей шахт / г. А. Стрекачинский, А. А. Ордин, В. А. Федорин. – Новосибирск: Наука, 1981. – 83 с.
4. Melzak S. A. On the problem of Stelner / S. A. Melzak // J. Canad. Math. Bull. - 1961. - V. 4. - P. 143-148.
5. Есмухан Ж.М., Куспеков К.А. Прикладная геометрия инженерных сетей. / Есмухан Ж.М., Куспеков К.А //Монография. – Алматы.: Гылым, 2012г.-132с.
6. Волков В. Я. Построение топологии кратчайшего дерева минимального веса для пяти точек плоскости с евклидовой метрикой / В. Я. Волков, К. А. Куспеков // Омский научный вестник. – Омск, 2012. - №1(107). – С. 11-13.