

ное образование без границ: труды междунар. форума / КазНТУ им.К.И. Сатпаева. - Алматы, 2009. – Т. 1. - С.304-306.

2. Есмухан Ж.М. Проблема Штейнера и её прикладной алгоритм / Ж.М. Есмухан, К.А. Куспеков // Поиск. - 2006. - №1. - С. 227-231.

3. Куспеков К.А. Геометрические методы определение оптимальной конфигурации трубопроводной сети сбора и транспорта нефти / К.А. Куспеков // Наука и образование – ведущий фактор стратегий Казахстан-2030: труды междунар. конф. 24-25 апреля 2008 г. - Караганда, 2008. – Вып. 1. - С. 322-324.

Автор статьи :

Куспеков  
Кайырбек Амиргазыулы,  
канд. техн.наук, доцент, зав. каф.  
«Начертательная геометрия и графика»,  
Казахский национальный технический  
университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы.  
Email: kuspekov\_k@mail.ru.  
Тел.: 8 705 249 02 43

**УДК 515.2/625.72**

**В.Я. Волков, К.А. Куспеков**

## **АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КРАТЧАЙШЕЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Одним из этапов оптимального проектирования сетей автомобильных дорог является выбор конфигурации. В практике проектирования выбор конфигурации сети производится с учетом реальных условий рассматриваемого региона или города в соответствии со структурой экономико – социального комплекса и отражает основные направления его развития. Поэтому при проектировании сетей автомобильных дорог следует рассматривать случаи *регион и город*, в соответствии с которыми решаются различные задачи [1].

В случай города из-за большой разнородности и сложности транспортных процессов, происходящих в городе, отдельные звенья транспортных сетей специализируются на пропуске потоков определенного типа, что позволяет повысить качество транспортного обслуживания и приводит к формированию определенных структурных свойств сети. Поэтому можно считать, что транспортные сети включают в себя подсети, предназначенные для передвижения различных видов транспортных средств, следовательно для конфигурации сети должны быть положены следующие требования:

- геометрия сети или конфигурация отражает общую планировочную структуру города и имеет возможность развития по мере развития города;

- структура сети дорог для движения пассажирских грузовых автомобилей соответствует планировочной структуре города и функциональному зонированию его территории и обеспечивает приоритетные условия движения пассажирских и грузовых автомобилей между основными грузоформирующими объектами города;

- при прокладке дорог максимально используются территории производственных и санитар-

но- защищенных зон, территории вдоль железных дорог;

- протяженность и плотность сети должны обеспечивать минимизацию транспортных связей экологического воздействия транспортных средств на окружающую среду;

- сеть должна иметь возможно меньшую строительную стоимость.

Соответственно, исследование свойств сети и определение ее оптимальной конфигурации наименьшей протяженности, удовлетворяющее наперед заданным условием, является сложной и многовариантной задачей. Сети автомобильных дорог характеризуется своими геометрическими размерами, топологией и метрикой.

В процессе проектирования узлы сети и все корреспондирующие пункты геометрически моделируются точками, а дороги, связывающие эти узлы и пункты, – линиями. Тогда конфигурацию сетей можно отображать в виде различной геометрической модели [1]: евклидовой, ортогональной, полярной и комбинированной.

В такой постановке определение оптимальной конфигурации сети дорог можно свести к следующей геометрической задаче: дано конечное множество компланарных точек и требуется связать их линией кратчайшей длины.

Пусть на плоскости дано множество точек  $M_1, M_2, \dots, M_m$ . К каждой  $M_i$  точке сопоставлена положительная величина  $q_i, i = 1, 2, \dots, m$ , называемая весом точки  $M_i$ . Требуется построить дерево минимального веса с вершинами в точках  $M_1, M_2, \dots, M_m, N_1, N_2, \dots, N_m$ .

Весовые коэффициенты  $q_i$  интерпретируются как удельные капитальные и эксплуатационные

расходы автомобильных дорог.

Алгоритм построения транспортной сети при  $q_1 = q_2 = \dots = q_n$  реализуется в три этапа:

1-этап. Изучается расположение заданных точек  $M_1, M_2, \dots, M_n$ , моделирующие пункты сети и на основе свойств кратчайшего дерева Штейнера эти точки разбиваются на подмножества.

2-этап. На основе наименьшего удлинения точки, расположенные внутри области каждого подмножества, соединяются кратчайшими связывающими линиями, моделирующими транспортные средства соединении транспортной сети. Строится кратчайшие деревья (КД) для этих точек, расстояния между точками  $M_1(x_1, y_1)$  и  $M_2(x_2, y_2)$  и образованными КД вычисляются по формуле

$$d(M_1, M_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| \quad (1)$$

Полученные КД каждого подмножества должны далее соединяться между собой в порядке, установленном на основе принципа наименьшего удлинения КД при каждом отдельном шаге его построения. В итоге формируется ортогональная конфигурация кратчайшего дерева для точек  $M_1, M_2, \dots, M_n$  и точек Штейнера  $N_1, N_2, \dots, N_n$  имеющие суммарную минимальную длину.

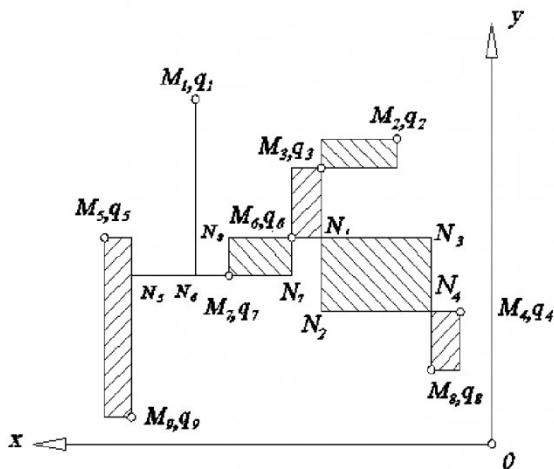
3-этап. Производится окончательная корректировка конфигурации сети, удовлетворяющие наперед заданные условия.

Сущность алгоритма покажем на следующем примере.

Пусть требуется построить ортогональное кратчайшее дерево Штейнера для точек  $M_1, q_1, M_2, q_2, \dots, M_9, q_9$ . Пусть коэффициенты  $q_1 = q_2 = \dots = q_9$ .

1-шаг. Визуально изучается расположение точек и на основе свойств КДШ разбиваем на подмножества. В нашем примере заданы 9 точек, они могут быть разбиты на три подмножества.

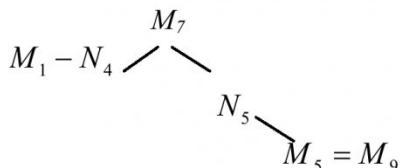
Первое подмножество состоит из точек  $M_2, M_3, M_5, M_6, M_7, M_8, M_9$ .



1 - шаг. Наименьшим расстоянием обладают точки  $M_5$  и  $M_9$ , образуется КД для  $M_5 = M_9$ .

2 - шаг. Сравниваем расстояния между оставшимися точками  $M_1$ ,  $M_7$  и кратчайшим деревом  $M_5 = M_9$ . Соединяем точку  $M_7$  и  $M_5 = M_9$  через узловую точку  $N_5$ . Полученное КД имеет структуру  $M_7 = N_5 = M_5 = M_9$ .

3 - шаг. Соединяем точку  $M_1$  и КД полученной на 2-ом шаге. Структура КД имеет следующий вид:



III-е подмножество состоит из двух точек  $M_7$  и  $M_6$ . Соединяем и получим КД  $M_6 = M_7$ , то есть объединением все три подмножества и получаем конфигурацию кратчайшего дерева для девяти точек (рис. 2).

Следует отметить, что здесь возможны и другие структуры КД для заданных точек  $M_1, M_2, \dots, M_9$ , в пределах зоны подвижности. Однако они имеют одинаковую протяженность.

Таким образом, такой подход расчета конфигурации автомобильных дорог позволяет построить несколько вариантов топологии сети и выбрать наилучший сеть отвечающий наперед заданным условиям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геометрические методы определения оптимальной конфигурации сетей автомобильных дорог. Труды международной конференции «Инженерное образование и наука в XXI веке, посвященной 70-летию КазНТУ имени К.И.Сатпаева. Индустриально-инновационное развитие экономики». Т.2., Алматы; КазНТУ, 2004. – С.155-160.
2. Есмуханов Ж.М. К вопросу построения связывающего дерева с расстоянием первого порядка // Сборник по вопросам математики и механики. - Алма-Ата: КазГУ, 1973. Вып.4. - С.32-407,
3. Куспеков К.А., Есмуханов Ж.М. Проблема Штейнера в пространствах с расстояниями первого порядка. Всесоюзная конференция «Компьютерная геометрия и графика в инженерном образовании». Н.Новгород, НПИ, 1991г.
4. Есмуханов Ж.М. Оптимальное решение одной многоэкстремальной задачи // Вестник АН Каз ССР. Алма – Ата, 1971 г. №1. с. 66 – 68.

Авторы статьи :

Волков

Владимир Яковлевич,  
докт. техн.наук, проф., зав.каф.  
«Начертательная геометрия, инже-  
нерная и машинная графика», Си-  
бирская государственная автомо-  
бильно – дорожная академия г.Омск.  
Email: volkov\_vy39@mail.ru

Куспеков

Кайырбек Амиргазыулы,  
канд. техн.наук, доцент,  
зав. каф. «Начертательная геометрия  
и графика» Казахский национальный  
технический университет имени  
К.И. Сатпаева, г. Алматы.  
Email: kuspekov\_k@mail.ru.  
Тел.: 8 705 249 02 43

УДК 656.072

Ю.Н. Семенов, О.С. Семенова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ МАРШРУТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Оптимизация движения маршрутных транспортных средств в современных условиях не возможна без программного обеспечения. С его помощью можно моделировать различные ситуации (изменения пассажиропотока, стоимости пассажиро-часа, транспортных затрат), оптимизировать движение городского пассажирского транспорта (ГПТ).

Для исследования процедуры оптимизации системы городского пассажирского транспорта

методом моделирования, первоначально был сформирован блок исходных данных, отражающий фактическое состояние реальной системы ГПТ. В качестве моделируемой системы выбрана система городского пассажирского транспорта г. Междуреченска, прежде всего из-за наличия данных табличного обследования пассажиропотока. Кроме того, наличие в городе небольшого количества маршрутов позволяет оценить, проверить и внедрить на практике полученные результаты.