
МРНТИ 81.14.10

Кайырбек Куспеков

Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К.И.Сатпаева

Алматы, Казахстан

E-mail: k.kuspekov@satbayev.university

Геометрические методы в планировании транспортных сетей города

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы планирование транспортных сетей города, основу которого составляет автомобильные дороги. Данная проблема охватывает постановку и решение различных инженерных задач. Предлагается оптимизационные геометрические модели планирование на основе построения кратчайших ортогональных линий и прямоугольников на плоскости, повышающие эффективность проектирование и выбора наилучшего варианта плана.

Ключевые слова: геометрические модели, оптимизация, конфигурация, транспортная сеть, автомобильная дорога, кратчайшая линия, кратчайшее дерево, ортогональные линий, ортогональная метрика.
технологиясы.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2220-685X-2022-67-4-23-30>

Введение. В практике проектирования выбор конфигурации транспортной сети производится с учетом реальных условий рассматриваемого города в соответствии со

структурой экономико-социального комплекса и отражает основные направления его развития [1].

Актуальность заключается в том, что быстрые темпы развития автомобильного пассажирского транспорта обусловили определенные проблемы, для решения которых требуется научный подход и значительные материальные затраты. Основными из них являются увеличение пропускной способности улиц, строительство дорог и их благоустройства, оптимизация маршрутной сети, организация стоянок и других объектов, координация деятельности различных организаций, управление и контроль работы транспорта, управления движением транспортных потоков, повышение качества обслуживания населения и безопасности перевозок пассажиров, вопросы организации безопасности движения [2].

В связи с большой разнородностью и сложностью транспортных процессов, происходящих в городе, отдельные звенья транспортной сети специализируются на пропуске потоков определенного типа, например автобусных или велосипедных, что позволяет повысить качество транспортного обслуживания и приводит к формированию определенных структурных свойств сети.

Для конфигурации сети должны быть положены следующие требования: 1) геометрия сети или конфигурация отражает общую планировочную структуру города и имеет возможность развития по мере развития города; 2) структура сети дорог для движения пассажирских и 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; 3) при прокладке дорог максимально используются территории производственных и санитарно-защищенных зон, территории вдоль железных дорог; 4)

протяженность и плотность сети должны обеспечивать минимизацию транспортных связей и экологического воздействия транспортных средств на окружающую среду; иметь возможно меньшую строительную стоимость [3].

На основе вышеизложенного следует, что планирования и исследования свойств транспортной сети и построение ее оптимальной конфигурации, удовлетворяющие наперед заданным условиям, являются сложной и многовариантной инженерной и экономической задачей.

При решении данной задачи исходим из того, что транспортная сеть в целом и автомобильные дороги характеризуются различными геометрическими параметрами, топологией и метрикой. В процессе проектирования узлы сети и все корреспондирующие пункты геометрически моделируются точками, дороги, связывающие эти узлы и пункты – линиями, остановки автобусов и места парковки автомобилей и другие объекты моделируем прямоугольниками.

Тогда конфигурацию плана и сети можно отображать в виде различной геометрической модели: прямоугольная; радиально-кольцевая; евклидова модель; прямоугольно-диагональная; комбинированная [3, 4].

В такой постановке планирование и построение оптимальной конфигурации транспортной сети можно свести к геометрической задаче: дано конечное множество точек и прямоугольников на плоскости, требуется соединить их ортогональной линией так, чтобы суммарная длина была кратчайшей и отвечал наперед заданным условиям.

Задача состоит в минимизации затрат на строительство сети, связывающей заданные пункты и узлы.

Расстояния между узлами и пунктами с ортогональной метрикой определяются формулой:

$$d(M_1M_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|; \quad (1)$$

где x_1, y_1 – декартовы координаты точки M_1 ,
 x_2, y_2 – декартовы координаты точки M_2 .

Далее решения задача минимизации транспортной сети применим метод Штейнера [4], где допускается введение дополнительных точек, которые в общем случае позволяют получить более короткую сеть и оптимальную конфигурацию плана, а суммарная длина сети определяется из выражения

$$L = \sum_i \sum_j q_{ij} d_{ij} \quad (2)$$

где d – расстояние между пунктами i и j ;
 q_{ij} – коэффициент, зависящий от многих факторов: затраты на строительство, эксплуатацию и др.

Пусть в прямоугольной декартовой системе координат хоу задано множество из девяти точек M_1, M_2, \dots, M_9 (Рисунок 1).

На основе алгоритма [5, 6] покажем построение кратчайшего дерева $KД_9$. Построение разбивается на 8 ступеней. Расстояние между точками вычисляется по формуле (1).

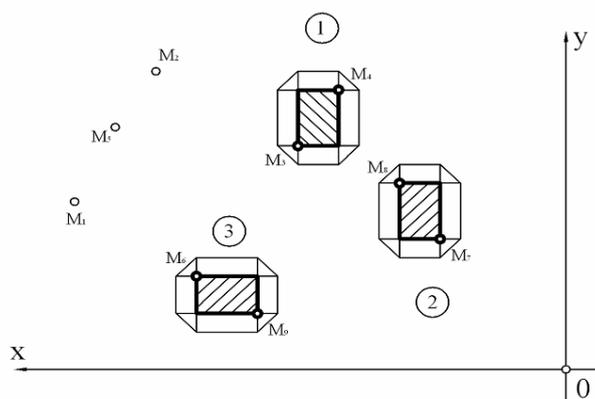


Рисунок 1: Модель для девяти пунктов сети

1. Из множества заданных точек выбираются две точки M_i и M_j , расстояние между которыми не больше, чем для любой другой пары. Строится $KД_2$ для этих двух точек.

2. Каждый последующий шаг алгоритма заключается в переходе от $КД_i$, построенного для группы из i точек, к $КД_{i+1}$ для группы из $m+i$ точек. При этом определяется:

а) очередная $(m+1)$ -я точка, которая должна быть подключена к дереву;

б) конфигурация $КД_{i+1}$, к которому, ранее найденное $КД_i$ войдет, в общем случае, уже в частично деформированном виде.

3. После построения $КД_i$ может возникнуть необходимость соединения на следующем шаге двух близких друг к другу точек, не вошедших в $КД_i$ и дающих начало новой группе соединяемых точек, т.е. образуется новое кратчайшее поддерево. Такие поддерева должны далее соединяться между собой на основе принципа наименьшего удлинения $КД_i$ при каждом отдельном шаге построения.

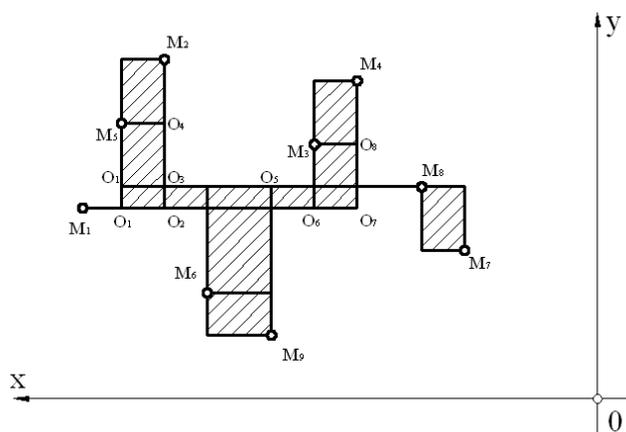


Рисунок 2: Конечная модель сети

Преимущество данного метода заключается в том, что после каждого шага построения формируется конфигурация сети, если она оптимально и отвечает наперед заданным условиям, нужно остановиться и провести корректировку сети.

Конечное построения сети имеет вид (Рисунок 2). Заштрихованная часть называется зоной подвижности сети, здесь предполагается построения различных объектов, парковки и т.д.

Используя пакет программ, можно в кратчайшее время построить и проанализировать всевозможные оптимальные варианты сети, определить маршруты соединяющие точки, точки и прямоугольники, а также варьировать другими параметрами, соответствующими определенным требованиям.

Использованная литература

1. Т.Б. Баяхметов (2002) Основные направления развития пассажирско-грузовых потоков в транспортной системе в Республике Казахстан. –Алматы: –47 с.
2. К.П. Андреев (2016) Мероприятия по улучшению улично-дорожной сети // Новая наука: Проблемы и перспективы. № 115-2. С. 156-159.
3. К.А. Куспеков (2006) Теоретические основы построения кратчайших связывающих сетей автомобильных дорог в пространствах с евклидовой метрикой /К.А. Куспеков// Транспорт Евразии XXI века: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., г.Алматы, 17-19 окт. 2006 / КазАТК. –Алматы: Т. 2. С. 181-184.
4. К.А. Куспеков (2010) Моделирование сетей автомобильных дорог кратчайшими связывающими линиями с ортогональной метрикой /К.А. Куспеков/ Вестник КазГАСА. № 3. С. 159-162.
5. Ж.М. Есмуханов (2006) Геометрическое моделирование трассы автомобильных дорог // Поиск. № 23. С. 192-199.
6. К.А. Куспеков (1996) Разработка алгоритмов построения кратчайших связывающих линий и ее применение в ПРТС работах: автореф. Дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 и 05.05.05. КазНТУ. – Алматы:-16 с.

Қайырбек Құспеков

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
зерттеу университеті
Алматы, Қазақстан

E-mail: k.kuspekov@satbayev.university

Қала көлік желілерін жобалаудағы геометриялық әдістер

Аңдатпа. Мақалада қала көлік желілерін жобалаудағы өзекті мәселелер қарастырылады. Бұл мәселе әр түрлі инженерлік есептерді анықтап және оларды шешу жолдарын қамтиды. Жобаны іске асырудың және тиімді нұсқасын таңдап алу үшін, қысқа қашық ортогональ сызықтар мен тік төртбұрыштарды салу арқылы оңтайладыратын геометриялық модельдер ұсынылады.

Түйін сөздер: геометрическаялық модельдер, оңтайландыру, сұлбе, транспорт желілері, автомобиль жолдары, қысқа қашық сызық, қысқа ағаштар, ортогональ сызықтар, ортогональ метрика.

Kairbek Kuspekov

Kazakh National Research Technical University named
after K.I. Satpayev
Almaty, Kazakhstan

E-mail: k.kuspekov@satbayev.university

Geometric methods in the planning of urban transport networks

Abstract. The article deals with the actual problems of planning the transport networks of the city, which is based on roads. This problem covers the formulation and solution of various engineering problems. Optimization geometric planning models are proposed based on the construction of the shortest orthogonal lines and rectangles on a plane, which increase the efficiency of designing and choosing the best plan option.

Keywords: geometric models, optimization, configuration, transport network, road, shortest line, shortest tree, orthogonal lines, orthogonal metric.

References

1. T.B. Bayakhmetov (2002) The main directions of development of passenger-cargo flows in the transport system in the Republic of Kazakhstan. –Almaty: – 47 p.
2. K.P. Andreev (2016) Measures to improve the street and road network // New Science: Problems and Prospects. No. 115-2. P.156-159.
3. K.A. Kuspekov (2006) Theoretical foundations for constructing the shortest connecting networks of roads in spaces with the Euclidean metric /K.A. Kuspekov//Transport of Eurasia of the XXI century: materials of the IV Intern. Scientific-practical. conf., Almaty, October 17-19. 2006 KazATK. – Almaty: T. 2. P. 181-184.
4. K.A. Kuspekov (2010) Modeling of highway networks by the shortest connecting lines with an orthogonal metric /K.A. Kuspekov// Bulletin of KazGASA. No. 3. P. 159-162.
5. Zh.M. Esmukhanov, K.A. Kuspekov (2006) Geometric modeling of the highway route, Poisk. No. 23. P. 192-199.
6. K.A. Kuspekov (1996) Development of algorithms for constructing the shortest connecting lines and its application in PRTS works: author. Dis. ... cand. tech. Sciences: 05.01.01 and 05.05.05. KazNTU. – Almaty: -16 p.