

УДК 656. 073

ТРАНСПОРТНЫЕ СЕТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ

TRANSPORT NETWORK AND THEIR MODELLING USING MODERN SOFTWARE PACKAGES

Изыумский Александр Александрович

Кубанский государственный
технологический университет

Надирян София Левоновна

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Сенин Иван Сергеевич

Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. В данной статье мы рассмотрим особенности транспортных сетей и возможности их моделирования при помощи современных пакетов прикладных программ. Основной проблемой при моделировании транспортной сети является выбор уровня детализации. Здесь приходится искать компромисс между точностью и затратами на исследования. Вероятно, 100 %-ная точность будет обеспечена, если мы учтем индивидуально маршруты поездок всех пользователей в течение всех дней в году. В то же время очевидна излишняя детализация такого подхода, так как во многих случаях будут совпадать точки отправления (остановочные пункты, гаражи, склады), точки прибытия и маршруты следования. В аспекте времени тоже будет проявляться общность поведения пользователей. Для преодоления этих противоречий используется транспортное зонирование.

Ключевые слова: транспортные потоки, моделирование, анализ, методы, имитационное моделирование.

Izyumskii Alexandr Alexandrovich
Kuban State University of Technology

Nadiryan Sofiya Levonovna
Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Senin Ivan Sergeevich
Kuban State University of Technology

Annotation. In this article we consider the features of transport networks and their simulation with the help of modern software packages. The main problem in the modeling of transport network, the choice of level of detail. Here we have to find a compromise between accuracy and cost of the study. Probably 100 % accuracy will be achieved if we consider individually the routes of travel of all users during all days of the year. At the same time, obvious unnecessary details of this approach, as in many cases will be the same as the point of departure (bus stops, garages, warehouses), the point of arrival and itineraries. In the aspect of time will also manifest itself is a common user behavior. To overcome these contradictions, the vehicle zoning.

Keywords: traffic flows, modeling, analysis, methods, simulation.

Одним из основных требований, предъявляемых к современной транспортной сети, является ее высокая масштабируемость. Это предполагает способность к перемещению любых объемов клиентского трафика от границы сети доступа через ее ядро вплоть до резких скачков численности обращений к услугам, для которых необходима очень высокая пропускная способность. При этом должны выделяться соответствующие ресурсы, распределяемые по определенным уровням и сегментам. Не менее важно, чтобы функционирование такой сети обязательно осуществлялось на мульти-сервисной основе. То есть она должна осуществлять агрегирование и транспортировку коммутируемого и некоммутируемого трафика, сгенерированного как в пакетных приложениях (вплоть до реализации тройной услуги), так и в приложениях с коммутацией каналов. При этом необходимо обеспечить прозрачность в реализации сервиса, к которому не выдвигаются особые требования на границе.

Под транспортной сетью понимается ориентированный граф, в котором выделяются две вершины: s – исток (источник) и t – сток, а дугам присвоен вес, означающий

пропускную способность. Пропускную способность дуги u обозначим как $\mu(u)$. Пропускная способность пути, предположим, из s в t $P(s, t)$ равна наименьшей из пропускных способностей дуг, в него входящих:

$$\mu[P(s, t)] = \min[\mu(u_1), \mu(u_2), \mu(u_3), \dots].$$

Интенсивность потока в сети (далее – поток) обозначим $\lambda(s, t)$, поток в дуге – $\lambda(u)$.

Поток представляет собой совокупность объектов, транспортируемых по сети из s в t , причем эти объекты могут быть распределены по дугам сети различным образом. Допустимый поток должен удовлетворять следующим условиям:

- весь поток, поступающий на вход, достигает выхода сети, т.е.

$$\lambda(s, x_j) = \lambda(x_i, t) = 0,$$

где $x_j \in X^+(t)$, $x_i \in X^-(s)$ – интенсивность потока в любой дуге сети удовлетворяет соотношению:

$$0 \leq \lambda(u) \leq \mu(u);$$

- для любой вершины все объекты, входящие в нее, также выходят

$$\lambda(x_j, x_k) - \lambda(x_k, x_i) = 0,$$

где $x_j \in X^+(x_k)$, $x_i \in X^-(x_k)$.

Введем величину d , которая будет характеризовать возможное приращение потока. Для дуги $d(u) = \mu(u) - \lambda(u)$, если поток пропускаем в направлении ориентации дуги, и $d = \lambda(u)$, если речь идет о встречном потоке (т.е. условно предполагается, что имеющийся поток величиной $\lambda(u)$ можно уменьшить для того, чтобы пропустить во встречном направлении некоторое количество единиц потока). Для некоторого пути из s в t $P(s, t)$ приращение определяется как наименьшее из приращений дуг, в него входящих:

$$d[P(s, t)] = \min[d(u_1), d(u_2), d(u_3), \dots].$$

Задача поиска максимального допустимого потока в сети решается с помощью алгоритма последовательного увеличения некоторого начального потока с распределением приращения потока по дугам так, чтобы соблюдались условия допустимого потока. Вариант такого алгоритма основан на использовании *орграфа приращений*.

Рассмотрим, что такое орграф приращений. Этот граф строится из исходной сети при данном значении потока в сети и обозначается как $I(H, \lambda_i)$ (символ H – это обозначение исходной сети); λ_i – поток в сети на i -м цикле работы алгоритма ($\lambda_i = \lambda(s, t)$). Рассмотрим правила построения орграфа приращений.

Каждой дуге сети ставятся в соответствие две дуги орграфа приращений – сонаправленная и противоположнонаправленная. Обозначим их w^1 и w^2 соответственно.

Каждой дуге орграфа приращений присваивается вес по следующим правилам:

- $\mu(w^1) = 0$, если в соответствующей дуге сети H выполняется $\lambda(u) < \mu(u)$;
- $\mu(w^1) = \infty$, если $\lambda(u) \geq \mu(u)$;
- $\mu(w^2) = 0$, если $\lambda(u) = 0$;
- $\mu(w^2) = \infty$, если $\mu(u) = 0$.

Таким образом, вес дуги орграфа приращений равен нулю, если в соответствующей дуге сети можно изменить (увеличить или уменьшить) поток.

Перейдем от математического значения транспортной сети к понятию транспортной сети, как пространственной структуре транспортных систем, являющейся совокупностью транспортных связей, по которым осуществляются пассажирские и грузовые перевозки.

Укрупненно транспортные сети можно разбить на три группы. По кратчайшим направлениям между пунктами перемещения могут перемещаться лишь немногие виды транспорта. Причем реальные пути их перемещения практически всегда отклоняются от прямолинейных вследствие необходимости обхода запретных районов, суверенных территорий, природных особенностей и т.п. Например, для воздушного транспорта в целях разумного ограничения пролета над иностранной территорией, облета воздушного пространства городов, повышения безопасности прокладываются воздушные коридоры, которые используются для прокладки различных маршрутов.

Естественные пути для перемещения являются наиболее древними транспортными сетями. Главным образом это реки и пригодные для перемещения внедорожных транспортных средств участки земной поверхности.

Основное количество грузов и пассажиров перемещается по *дорогам*. Дороги по особенностям перемещения делятся на рельсовые и безрельсовые.

Необходимо отметить, что транспортная сеть никогда не соответствует дорожной сети. В зависимости от габаритов и массы груза, параметров используемых транспортных средств транспортная сеть будет тем или иным фрагментом дорожной сети. Например, не по всем улицам города разрешено движение грузовых автомобилей, и в транспортной сети для них эти улицы будут исключенных [1, 2].

При проведении исследований из транспортной сети выделяют подсеть, предназначенную для движения определенного вида транспорта. Например, при исследовании пассажирских перевозок в городе выделяют подсети скоростного транспорта, электрического транспорта, пешеходного движения и т.п.

Много особенностей транспортных сетей связано с историей их развития. В исторических городах характеристики транспортных сетей определялись совершенно другими требованиями и достались нам в наследство из предыдущих эпох. Естественно, не всегда есть возможность и рационально модернизировать их под современные требования.

Транспортные сети новых городов планируют так, чтобы создать наиболее эффективные транспортные связи между различными районами и внешним транспортом и обеспечить их пропускную способность на перспективу. В соответствии с этим Строительные Нормы и Правила (СНиП) предусматривают районирование городов и четкую классификацию транспортных связей по назначению и характеристикам [3, 4].

Граф, моделирующий транспортную сеть, обязательно должен быть связанным, чтобы всегда был путь из любой вершины в любую другую вершину. Числа, характеризующие звенья такого графа, обычно выражают протяженность пути, время или стоимость проезда.

В качестве примера можно рассмотреть работу программного продукта PTV VISSIM и PTV VISUM (рис. 1–3).

Для моделирования транспортной сети необходимо иметь:

- картографический материал; обычно это карты крупного масштаба, так как они позволяют с большой точностью делать замеры расстояний между пунктами;
- сведения о размещении основных объектов транспортной системы и ее среды (в зависимости от решаемой задачи: грузообразующие и грузопоглощающие предприятия, жилые массивы, места приложения труда и т.п.);
- дополнительные сведения из коммунальных и дорожных организаций в виде перечня улиц с характеристикой их проезжей части;
- сведения по организации дорожного движения, т.е. схемы организации движения на перекрестках, площадях и транспортных развязках, а также сведения о различных ограничениях движения, связанных с установленными дорожными знаками.

Основной проблемой при моделировании транспортной сети является выбор уровня детализации. Здесь приходится искать компромисс между точностью и затратами на исследования. Вероятно, 100 %-ная точность будет обеспечена, если мы учтем индивидуально маршруты поездок всех пользователей в течение всех дней в году [1, 4]. В то же время очевидна излишняя детализация такого подхода, так как во многих случаях будут совпадать точки отправления (остановочные пункты, гаражи, склады), точки прибытия и маршруты следования. В аспекте времени тоже будет проявляться общность поведения пользователей. Для преодоления этих противоречий используется транспортное зонирование.

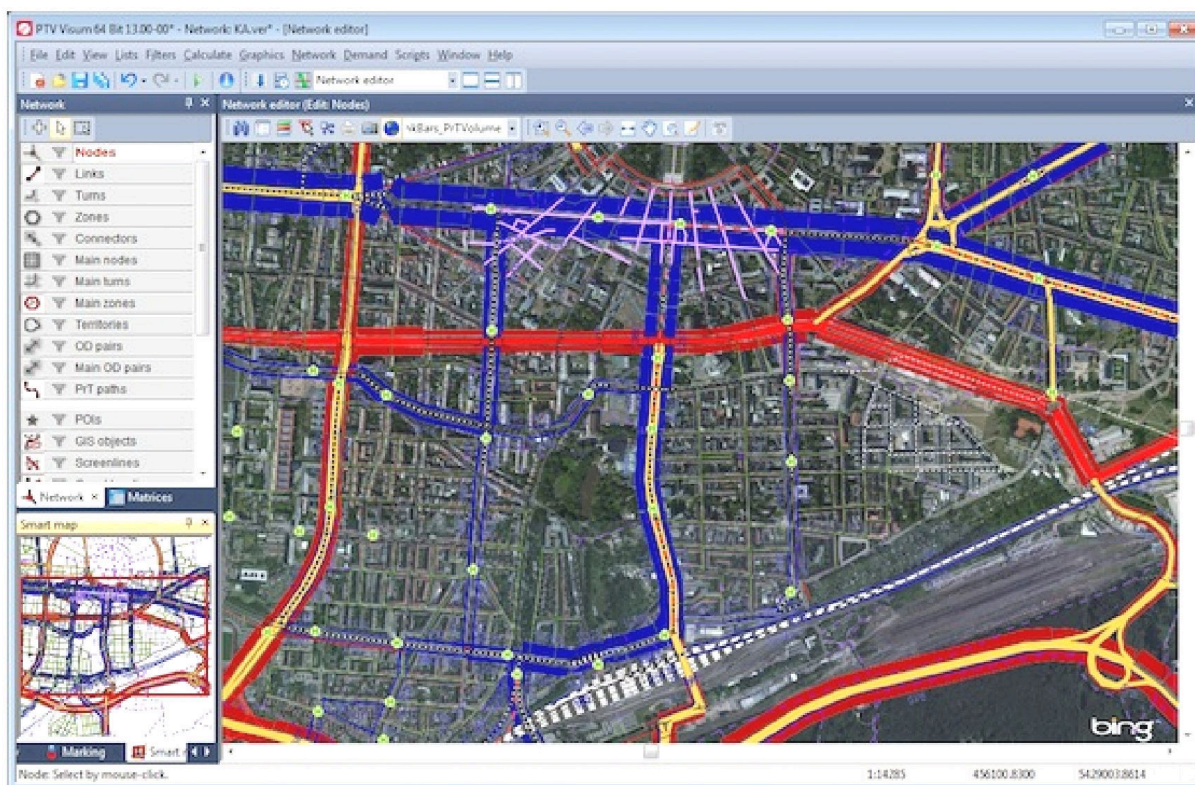


Рисунок 1 – Граф транспортной сети в программе PTV VISUM

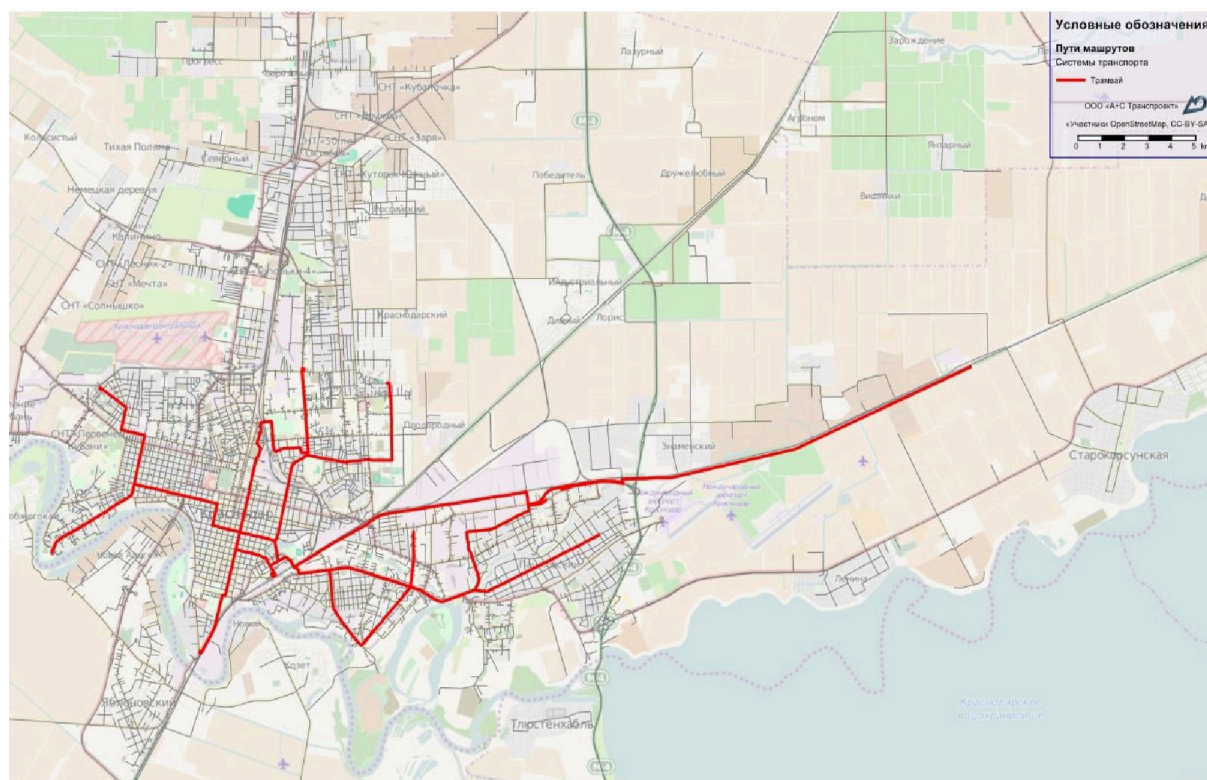


Рисунок 2 – Граф транспортной сети городского пассажирского транспорта (трамвай)

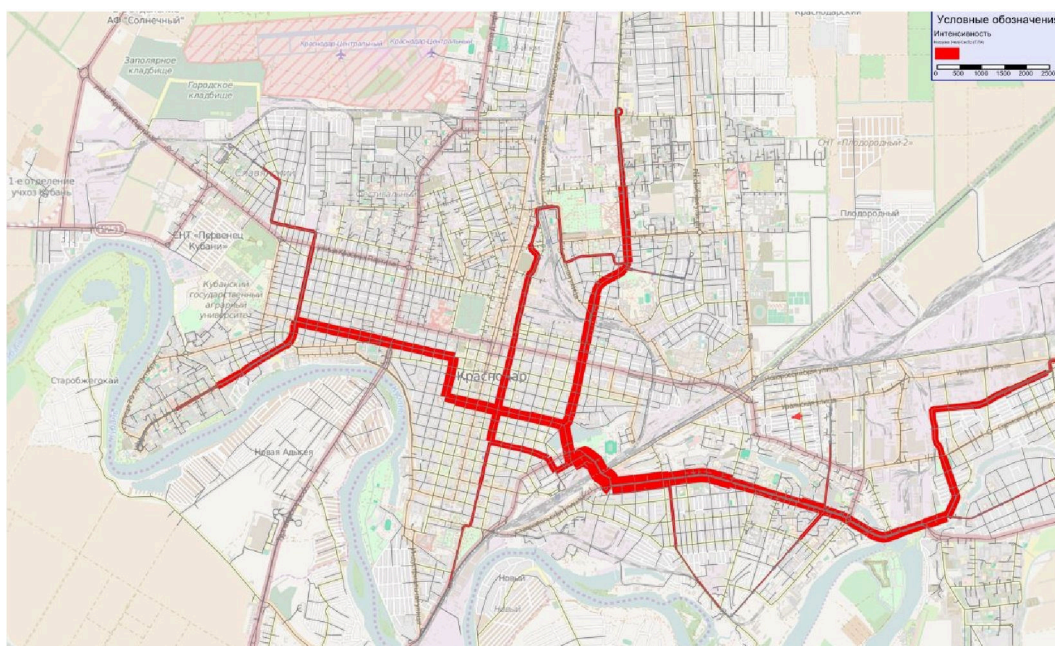


Рисунок 3 – Граф улично-дорожной сети с интенсивностью

На сегодняшний день теория графов активно используется в различных программных продуктах, предназначенных для моделирования различного уровня (микро, мезо, макро) транспортных потоков, транспортного планирования и оптимизации общественного транспорта.

Литература:

1. Изюмский А.А., Надирян С.Л., Сенин И.С. Вычислительная техника и сети в отрасли : учеб. пособие / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2014. – 275 с.
2. Изюмский А.А., Надирян С.Л. Системы автоматизации на автомобильном транспорте : учеб. пособие / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2015. – 263 с.
3. Изюмский А.А., Надирян С.Л. Внедрение автоматизированной системы транспортной логистики на автотранспортных предприятиях // Гуманитарные и социально-экономические и общественные науки. – 2014. – № 10.
4. Изюмский А.А., Надирян С.Л., Сенин И.С. Применение имитационного моделирования в сфере моделирования транспортных потоков // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 1. – С. 52–54.

References:

1. Izyumskii A.A., Nadiryan S.L., Senin I.S. Computer engineering and networks in industry : proc. Manual / KubGTU. – Krasnodar : Publishing house KubGTU, 2014. – 275 p.
2. Izyumskii A.A., Nadiryan S.L. Automation in road transport: textbook : manual / KubGTU. – Krasnodar : Publishing house KubGTU, 2015. – 263 p.
3. Izyumskii A.A., Nadiryan S.L. Implementation of the automated system of transport logistics in transport companies // Humanities and economic and social Sciences. – 2014. – № 10.
4. Izyumskii A.A., Nadiryan S.L., Senin I.S. The Use of simulation in modeling and simulation of traffic flows // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2016. – No. 1. – P. 52–54.