

NETWORK DISTRIBUTION OF TRAFFIC FLOWS

**Ketov M.L.¹, Huranova L.Z.², Kostyushina D.S.³, Balova M.A.⁴, Zhidkov R.S.⁵,
Mollaeva A.T.⁶ (Russian Federation) Email: Ketov553@scientifictext.ru**

¹*Ketov Mukhamed Leonovich – Student,
DEPARTMENT APPLIED INFORMATICS,
INSTITUTE OF COMPUTER SCIENCE ELECTRONICS AND COMPUTER TECHNOLOGY
KABARDINO-BALKAR STATE UNIVERSITY;*

²*Huranova Liana Zauravna – Student,
DEPARTMENT MANAGEMENT AND EXAMINATION OF REAL ESTATE, FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,
KABARDINO-BALKARIAN AGRARIAN UNIVERSITY,
NALCHIK;*

³*Kostyushina Darya Sergeevna – Student,
DEPARTMENT SYSTEMS OF COMPUTER AIDED DESIGN,
INSTITUTE PATHS, CONSTRUCTION AND FACILITIES
RUSSIAN UNIVERSITY OF TRANSPORT, MOSCOW;*

⁴*Balova Milana Arturovna – Student,
DEPARTMENT CELL BIOLOGY;*

⁵*Zhidkov Ruslan Sergeevich - Student,
DEPARTMENT BIOECOLOGY,
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND BIOLOGY;*

⁶*Mollaeva Anina Timurovna – Student,
DEPARTMENT PEDAGOGICAL EDUCATION,
INSTITUTE OF PEDAGOGY, PSYCHOLOGY AND SPORTS EDUCATION
KABARDINO-BALKARIAN STATE UNIVERSITY,
NALCHIK*

Abstract: we illustrate with a simple example how the paths determined using the cheapest path selection algorithm are used for “yes or no” -distribution of transport along the road network, i.e., for distribution, when all transport goes along the cheapest ways, and on other routes he doesn't go at all.

In fig. 1, and a complete bipartite network is depicted, corresponding to the estimated traffic from two points of departure (vertices 1, 2) to two destinations (vertices 9, 10). The numbers assigned to the edges are the estimated traffic movements, for example: 35 units of traffic from beginning 1 to destination 9. The unit can be, say, a hundred vehicles leaving per hour; if the unit represents a certain speed, the name “transport stream” is generally accepted. Traffic should be distributed along the road network with the indicated prices shown in Fig. 1, 6. The points of departure and destination are marked with a double circle, the other vertices are single, the latter are just intermediate points where the traffic flow is saved: how many cars have come, as many should go!

Keywords: maths, transport, programming.

СЕТЕВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

**Кетов М.Л.¹, Хуранова Л.З.², Костюшина Д.С.³, Балова М.А.⁴, Жидков Р.С.⁵,
Моллаева А.Т.⁶ (Российская Федерация)**

¹*Кетов Мухамед Леонович – студент,
кафедра прикладной информатики,
Институт информатики, электроники и компьютерных технологий
Кабардино-Балкарский государственный университет;*

²*Хуранова Лиана Зауровна – студент,
кафедра управления и экспертизы недвижимости, строительный факультет,
Кабардино-Балкарский аграрный университет
г. Нальчик;*

³*Костюшина Дарья Сергеевна – студент,
кафедра систем автоматизированного проектирования,
Институт пути, строительства и сооружений
Российский университет транспорта, г. Москва;*

⁴*Балова Милана Arturovna – студент,
кафедра биологии клетки;*

⁵*Жидков Руслан Сергеевич – студент,
кафедра биоэкологии,
Институт химии и биологии;*

⁶*Моллаева Анина Тимуровна – студент,
кафедра педагогического образования,
Институт педагогики, психологии и физкультурно-спортивного образования*

Аннотация: проиллюстрируем простым примером, как пути, определенные с помощью алгоритма выбора самого дешевого пути, применяются для «да или нет»-распределения транспорта по дорожной сети, т.е. для распределения, когда весь транспорт направляется по самым дешевым путям, а по другим путям он вообще не идет.

На рис. 1, а изображена полная двудольная сеть, соответствующая расчетному движению транспорта из двух пунктов отправления (вершины 1, 2) в два пункта назначения (вершины 9, 10). Приписанные ребрам числа являются расчетными движениями транспорта, например: 35 единиц транспортного движения из начала 1 в пункт назначения 9. Единицей может быть, скажем, сотня уходящих автомашин в час; если единица представляет собой некую скорость, общепринятым является название «транспортный поток». Движение транспорта нужно распределить по дорожной сети с обозначенными ценами, показанной на рис. 1, б. Пункты отправления и назначения обозначены двойным кружком, прочие вершины — одинарным, последние являются просто промежуточными пунктами, где транспортный поток сохраняется: сколько машин пришло, столько же должно и выйти!

Ключевые слова: математика, транспорт, программирование.

Проиллюстрируем простым примером, как пути, определенные с помощью алгоритма выбора самого дешевого пути, применяются для «да или нет»-распределения транспорта по дорожной сети, т.е. для распределения, когда весь транспорт направляется по самым дешевым путям, а по другим путям он вообще не идет [1].

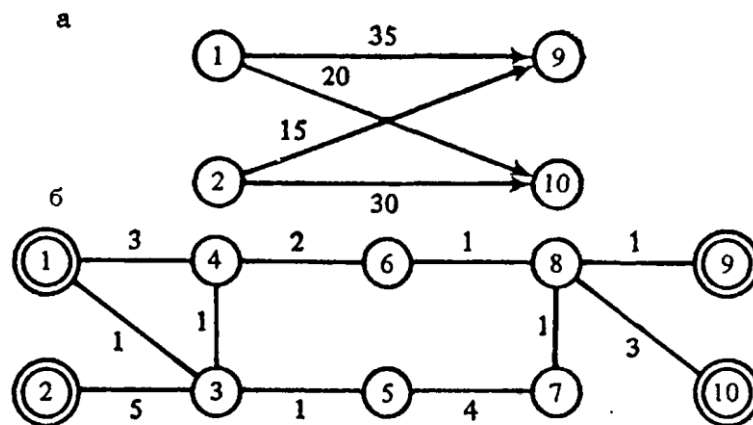


Рис. 1. Сетевое распределение транспортных потоков:

а – потоки транспорта из исходных вершин 1 и 2 в пункты назначения – вершины 9 и 10; б – сеть дорог с указанными ценами, по которой нужно распределить транспортные потоки

На рис. 1, а изображена полная двудольная сеть, соответствующая расчетному движению транспорта из двух пунктов отправления (вершины 1, 2) в два пункта назначения (вершины 9, 10). Приписанные ребрам числа являются расчетными движениями транспорта, например: 35 единиц транспортного движения из начала 1 в пункт назначения 9. Единицей может быть, скажем, сотня уходящих автомашин в час; если единица представляет собой некую скорость, общепринятым является название транспортный поток. Движение транспорта нужно распределить по дорожной сети с обозначенными ценами, показанной на рис. 1, б. Пункты отправления и назначения обозначены двойным кружком, прочие вершины — одинарным, последние являются просто промежуточными пунктами, где транспортный поток сохраняется: сколько машин пришло, столько же должно и выйти [2]!

В «да или нет»-распределении мы находим сначала самый дешевый путь от вершины 1 до вершины 9 и направляем по нему транспортный поток в 35 единиц, затем аналогично мы распределяем три других транспортных потока и на каждом ребре определяем совокупный поток. Это распределение потоков показано в предпоследней колонке табл. 1 [3].

Таблица 1. Сетевое распределение транспортных потоков

Ребро	Распределение потоков по самому дешевому пути				Полные потоки	Измененные потоки
	Из 1 в 9	Из 1 в 10	Из 2 в 9	Из 2 в 10		
(1, 3)	35	20			55	5
(1, 4)					0	50

(2, 3)			15	30	45	45
(3, 4)	35	20	15	30	100	50
(3, 5)					0	0
(4, 6)	35	20	15	30	100	100
(5, 7)					0	0
(6, 8)	35	20	15	30	100	100
(7, 8)					0	0
(8, 9)	35		15		500	50
(8, 10)		20		30	50	50

Ясно, что на этом примере «да или нет»-распределение нереально, ибо на практике транспорт был бы более равномерно распределен по дорогам. Но, когда имеется большое число пунктов отправления и назначения, эффект оказывается не столь драматичным, как можно было бы представить по этому небольшому примеру [4].

Более реальное распределение получается, если учесть, что при возрастании транспортного потока происходят заторы. Это можно было бы сделать, допустив, что цена дороги растет с увеличением потока транспорта, но это приведет к задаче нелинейной оптимизации [5].

Новые сетевые методы применимы к таким сетям с ограниченной пропускной способностью. Здесь оптимизация осуществляется не на основании выбора самого дешевого пути, а минимизацией полной цены сети. Сформулированная таким образом сетевая модель — пример линейной программы. Для решения больших линейных программ имеются эффективные компьютерные программы, так что распределение транспортных потоков по большим сетям с ограниченной пропускной способностью не представляет трудностей. Но решать вручную даже малые сети скучновато.

В рассмотренном примере (см. рис. 1) мы предположим теперь, что дорога (3,4) односторонняя с пропускной способностью до 50 единиц, а все прочие не имеют таких ограничений. Здесь требуется (к сожалению) больше записей, представлены они в табл. 2.

Таблица 2. Данные для путей

Путь	Цена пути	Путевой поток
1, 3, 4, 6, 8, 9	6	x_1
1, 3, 5, 7, 8, 9	8	x_2
1, 4, 6, 8, 9	7	x_3
1, 3, 4, 6, 8, 10	8	y_1
1, 3, 5, 7, 8, 10	10	y_2
1, 4, 6, 8, 10	9	y_3
2, 3, 5, 7, 8, 9	10	z_1
2, 3, 5, 7, 8, 9	12	z_2
2, 3, 4, 6, 8, 10	12	w_1
2, 3, 5, 7, 8, 10	14	w_2

Теперь нужно перечислить все пути из пунктов отправления 1 и 2 в пункты назначения 9 и 10 (путь задается указанием вершин, через которые он проходит). Соответствующие этим путям цены получаются сложением цен ребер каждого пути, а переменные, соответствующие путевым потокам, подлежат определению.

Сетевая цена C , которую нужно минимизировать, равна

$$C = 6x_1 + 8x_2 + 7x_3 + 8y_1 + 10y_2 + 9y_3 + 10z_1 + 12z_2 + 12w_1 + 14w_2 \quad (1)$$

На минимизацию наложены различные условия-ограничения. Так, поскольку полный транспортный поток из вершины 1 в 9 равен 35 единицам, то

$$x_1 + x_2 + x_3 = 35 \quad (2)$$

Аналогично

$$y_1 + y_2 + y_3 = 20 \quad (3)$$

$$z_1 + z_2 = 15 \quad (4)$$

$$w_1 + w_2 = 30 \quad (5)$$

Ограничение на пропускную способность дороги (3,4) означает, что

$$x_1 + y_1 + z_1 + w_1 \leq 50 \quad (6)$$

где мы отобрали только те пути, которые проходят ребро (3, 4). Вводя неотрицательную нежесткую переменную s , заменяем это неравенство уравнением

$$x_1 + y_1 + z_1 + w_1 + s = 50 \quad (7)$$

И, наконец (о чем часто так легко забыть), переменные x_1, x_2, \dots, w_2 должны быть также неотрицательны, у нас не может быть отрицательных потоков (хотя автомобили могут двигаться задним ходом!).

Последнее, что осталось сделать в нашей модели, — это минимизировать заданное уравнением (1) S , на котором наложены уравнения-ограничения (2) — (5) и (7) и условие неотрицательности всех переменных.

Это стандартный вид модели минимальной сетевой цены и задачи линейного программирования.

Хотя могут быть и другие решения, оптимальное распределение транспортных потоков по дорогам единственное, оно показано в последней колонке «Измененные потоки» табл. 1. Ограничение пропускной способности вынуждает направить 50 единиц транспортного потока по ранее неиспользовавшейся дороге (1, 4).

Важным моментом, который едва виден в этом простом примере, является то, что перегруженность магистралей можно учесть, вводя ограничения на их пропускную способность. При этом сетевые модели принимают вид моделей линейного программирования, которые легко решаются с помощью доступных компьютерных программ.

Список литературы / References

1. *Афанасьев Л.Л. и др.* Единая транспортная система и автомобильные перевозки. М.: Транспорт, 1984. 465 с.
2. *Аникин Б.А., Тяпухин А.П.* Коммерческая логистика: Учеб. М.: ТК Велби. Изд-во Проспект, 2005. 432 с.
3. *Бауэрсокс Дональд Дж., Клосс Дейвид Дж.* Логистика: интегрированная цепь поставок. М: Олимп-Бизнес, 2001. 640 с.
4. *Безуголова М.А.* Транспортные услуги в международной торговле: Учебн. пособие. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2001. 91 с.
5. *Беленький А.С.* Исследование операций в транспортных системах: идеи и схемы методов оптимизации планирования. М.: Мир, 1992. 582 с.