

# Как выбрать идеальный маршрут транспорта нефти? Методы решения задачи.

Черепанов Роман Олегович  
Программист отдела  
научно-исследовательских работ  
ЭлеСи

## Примеры транспортной сети



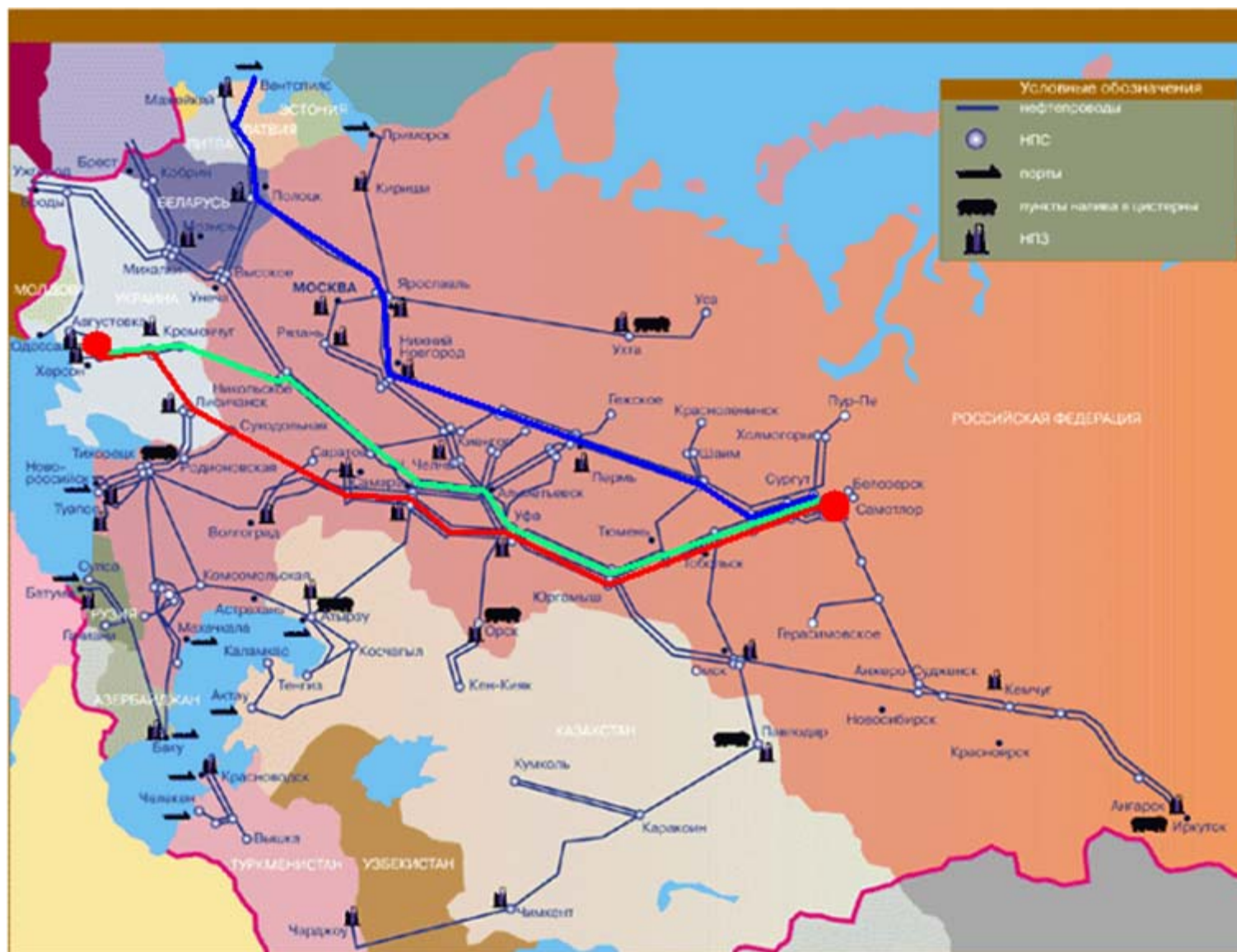
## Примеры транспортной сети



## Примеры транспортной сети

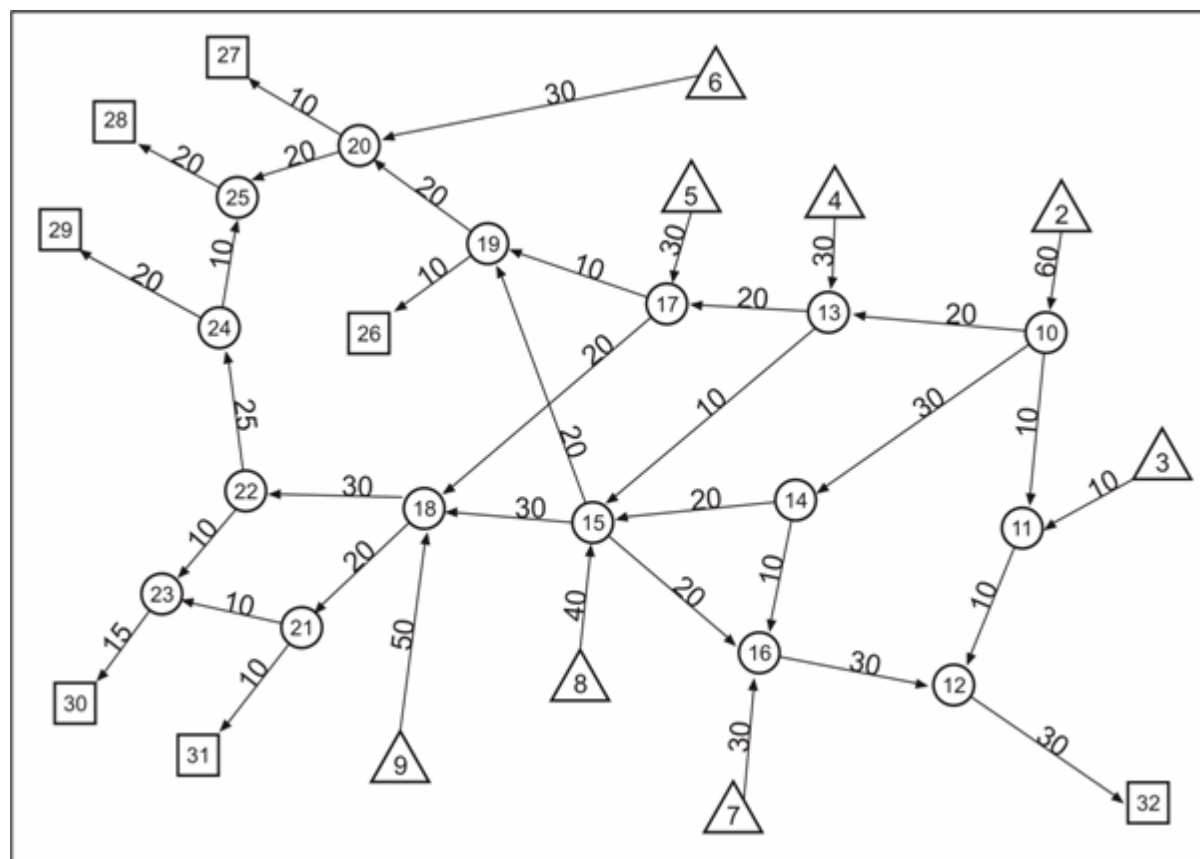


## Проблема выбора маршрута: красный, или зеленый?



## Транспортная сеть с точки зрения математики

С точки зрения математики- транспортная сеть представляет собой граф, ребра которого соответствуют нефтепроводам, а в узлах находятся источники, потребители или нефтеперекачивающие станции.



## Идеальный маршрут- каков он? Критерии оптимальности.

Для решения задачи выбора идеального маршрута прежде всего требуется определить критерий «идеальности».

Какой маршрут считать хорошим, а какой- плохим?

Примеры критериев:

- Обеспечение максимального потока в сети
- Обеспечение минимальной цены доставки
- Обеспечение минимального «веса» пути доставки



## Существующие методы

Независимо от критериев оптимизации существует два класса методов решения задачи:

### 1. Точные

Имеют строгое математическое обоснование и дают точное решение

### 2. Приближенные

Основаны на статистических или полуэмпирических методах, получаемое решение приближенное и/или локальное



## История развития- Точные методы

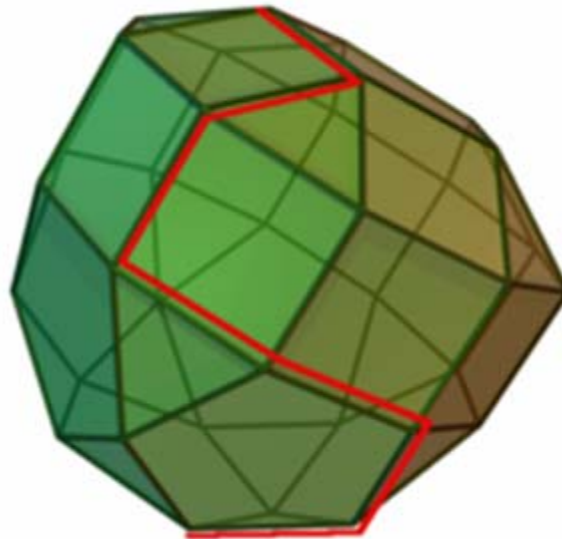
Критерий оптимальности- минимальный (или максимальный) «вес» пути доставки при некоторых линейных ограничениях, наложенных на потоки в сети.

«Вес»- любая линейная функция от произвольного набора переменных, например- цена транспорта нефти в зависимости от транспортируемого количества и маршрута транспорта.

## История развития- Точные методы

Линейное программирование.

- Канторович Л.В. 1939 год. «Математические методы организации и планирования производства»,
- Джордж Данциг. 1947 год. Симплекс-метод.
- Точное решение
- Высокая (экспоненциальная) вычислительная сложность.



## История развития- Точные методы

Линейное программирование.

- 1970-е. Хачиян Л.Г. Метод эллипсоидов Хачияна.

Полиномиальная вычислительная сложность алгоритма.

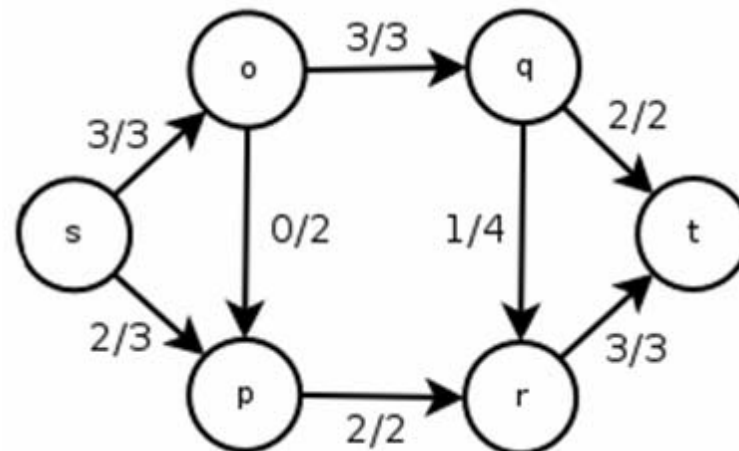
Неприменим на практике из-за высокой степени многочлена для оценки времени работы.

## История развития- Точные методы

- 1956 год. Теорема Форда-Фалкерсона.

Величина максимального потока в графе равна величине минимального разреза.

Теорема Форда-Фалкерсона позволила точно и относительно быстро находить решение задачи в том случае, когда критерием оптимальности является максимальная пропускная способность всей сети, то есть, максимальный суточный (месячный, годовой) объем перекачиваемой нефти. Эта теорема на многие годы определила направление развития математики в этой области.



## История развития- Точные методы

- 1956-1997 годы. Развитие метода Форда-Фалкерсона, разработка быстрых алгоритмов поиска аугментальных (увеличивающих поток) цепей.

|                                   |        |   |
|-----------------------------------|--------|---|
| Метод Форда-Фалкерсона            | 1956 г | $O( nm * \text{Log}(U) )$   |
| - Диница                          | 1970 г |   |
| - поразрядного сокращения невязок | 1972 г | $O( nm * \text{Log}(U) )$   |
| - Карзанова                       | 1974 г | $O( n^3 )$  |
| - Малхотри-Кумара-Махешвари       | 1978 г | $O( n^3 )$  |
| - Галила-Наамада                  | 1980 г | $O( nm * \text{Log}^2(N) )$   |
| деревья Слейтора-Тарьяна          | 1981 г | $O( nm * \text{Log}(n) )$   |
| - Голдберга-Тарьяна               | 1986 г | $O( nm * \text{Log}(n^2/m) )$   |
| - С-Н-М (eng)                     | 1989 г | $O( nm + n^2 * \text{Log}^2(n) )$   |
| - Кинга                           | 1992 г | $O( nm + n^{2+\epsilon} )$  |
| - Голдберга-Рао                   | 1997 г | $O(\min\{m^{\frac{2}{3}}, n^{\frac{1}{2}}\} \cdot m \log \frac{n^2}{m} \log U)$ |

## История развития- Точные методы

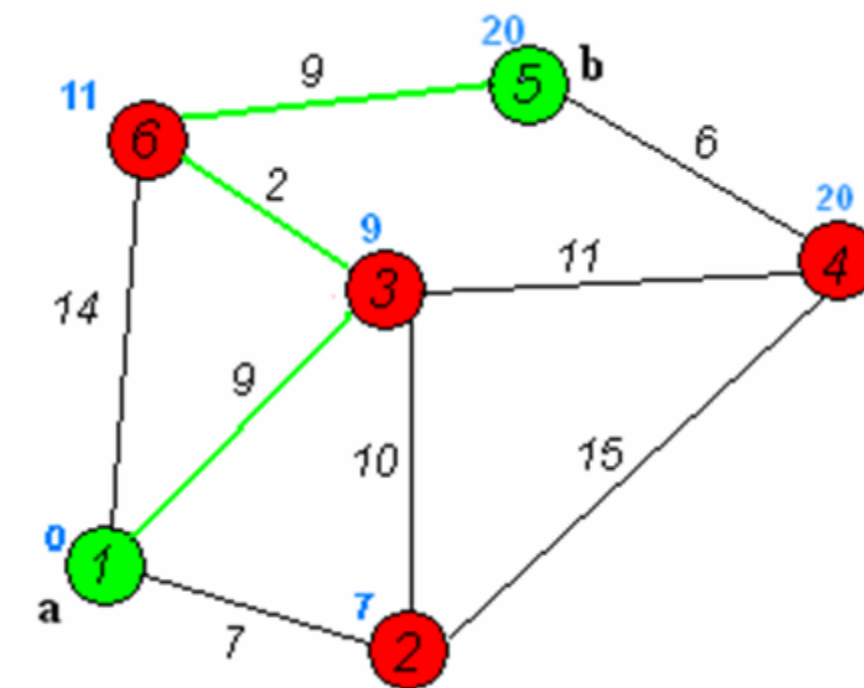
- 1997 год. Алгоритм Голдберга-Рао.  
Оценка быстродействия порядка

$$O(\min\{m^{\frac{2}{3}}, n^{\frac{1}{2}}\} \cdot m \log \frac{n^2}{m} \log U)$$

## История развития- Точные методы

- Критерий оптимальности- минимальный «вес» пути.

Метод Дейкстры поиска кратчайшего пути.



## Приближенные методы.

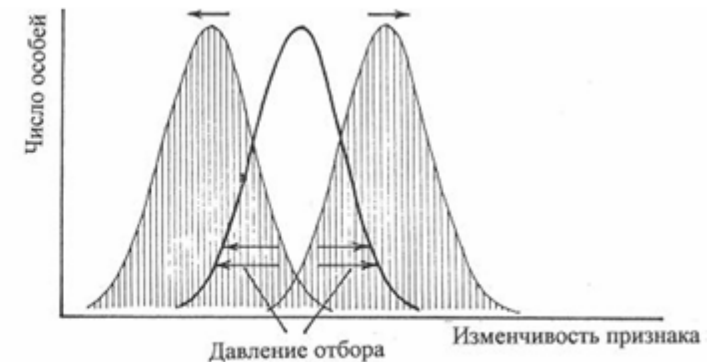
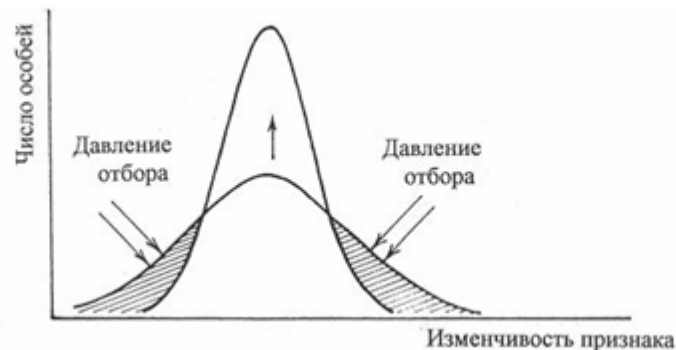
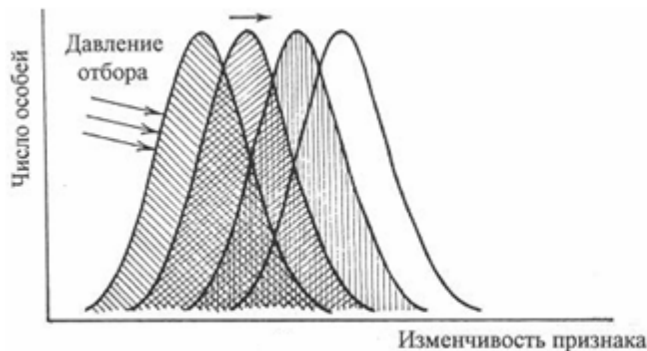
- Генетические алгоритмы.

Основаны на теории вероятностей и использовании идей теории эволюции.

Позволяют решать нелинейные задачи.

Поиск решения основан на выборе из некоторой «популяции» наиболее удачных «особей» и получении на их основе следующей «популяции».

Критерий оптимальности может использоваться любой.





## Приближенные методы

- Генетические алгоритмы.

В основе использования этого класса методов лежит так называемая «теорема шим» (scheme), из доказательства которой следует, что при определенных условиях генетические алгоритмы дают экспоненциально быструю сходимость решения к локально-оптимальному.

## Приближенные методы

- Возможность решения нелинейных задач.
- Простота реализации.
- Низкое быстродействие.

## Проблемы

- Вычислительная сложность.
- Существенные упрощения.
  - Однородность нефти
  - Отсутствие резервуарных парков
  - ...
- Стационарность.
- Ограниченность классом линейных задач

## Возможные пути развития

- Попытка оптимизации и повышения быстродействия существующих методов.
- Разработка новых методов.
- Нарращивание вычислительной мощности, использование параллельных вычислений, кластерные, распределенные, облачные вычисления.

**Спасибо за внимание**

**Компания ЭлеСи**

Россия, 634021, г. Томск, ул. Алтайская, 161а.

Тел.: (3822) 499-200. Факс: (3822) 499-900.

[www.elesy.ru](http://www.elesy.ru) [elesy@elesy.ru](mailto:elesy@elesy.ru)