

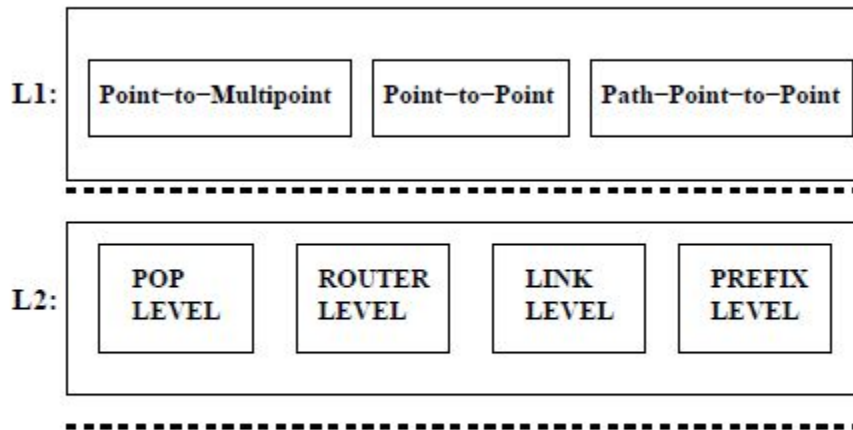
# Некоторые задачи планирования сети магистрального оператора

# Содержание

1. Задача расчета матрицы трафика
2. Задача планирования первичной сети
3. Задача расчета OSPF-метрик по заданной маршрутизации

# Определение

Опр. Матрица трафика  $X = [x_{ij}]$ , где  $x_{ij}$  – объем трафика, передаваемого между парой узлов  $(i, j)$ . Матрица трафика может быть представлена в виде вектора  $\bar{x}$ .



Выделяют следующие типы матрицы трафика

Для сети с 20 POP, 500 маршрутизаторами и 3000 звеньями

Aggregation Level	TM Entries		
	<i>pt-to-pt TM</i>	<i>pt-to-mpt TM - Max</i>	<i>pt-to-mpt TM - Avg</i>
POP-to-POP ( <b>PSPD</b> )	$20^2 \propto 10^2$	$20 * 2^{20} \propto 10^7$	$20 * \binom{20}{8} \propto 10^5$
Router-to-Router ( <b>RSRD</b> )	$500^2 \propto 10^4$	$500 * 2^{500} \propto 10^{152}$	$500 * \binom{500}{8} \propto 10^{16}$
Link-to-Link ( <b>LSLD</b> )	$1000^2 \propto 10^6$	$1000 * 2^{1000} \propto 10^{303}$	$1000 * \binom{1000}{8} \propto 10^{22}$
POP-to-Prefix ( <b>PSPrD</b> )	$20 * 100K \propto 10^6$	$20 * 100K \propto 10^6$	$20 * 100K \propto 10^6$
Router-to-Prefix ( <b>RSPrD</b> )	$500 * 100K \propto 10^7$	$500 * 100K \propto 10^7$	$500 * 100K \propto 10^7$
Link-to-Prefix ( <b>LSPrD</b> )	$1000 * 100K \propto 10^8$	$1000 * 100K \propto 10^8$	$1000 * 100K \propto 10^8$
Prefix-to-Prefix ( <b>PrSPrD</b> )	$100K^2 \propto 10^{10}$	$100K * 100K \propto 10^{10}$	$100K * 100K \propto 10^{10}$

# Постановка задачи

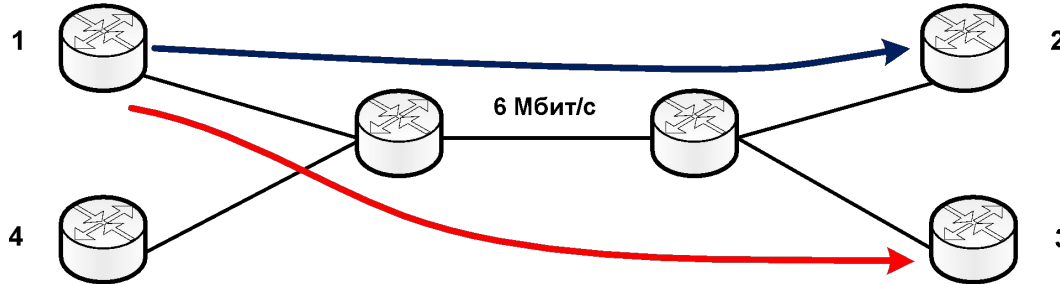
- Цель: Получить матрицу трафика, используя данные по сети, которые легко измерить
- Задача: Оценить матрицу трафика, используя данные из SNMP по загрузкам звеньев сети

- Обозначим:
  - $\bar{\mathbf{A}} = [a_{ij}]$  – маршрутная матрица
  - $\bar{\mathbf{y}}$  – искомая матрица трафика, представленная в виде вектора
  - $\bar{\mathbf{x}}$  – вектор нагрузок на звенья сети

$$\bar{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{A}}\bar{\mathbf{x}} \quad (1)$$

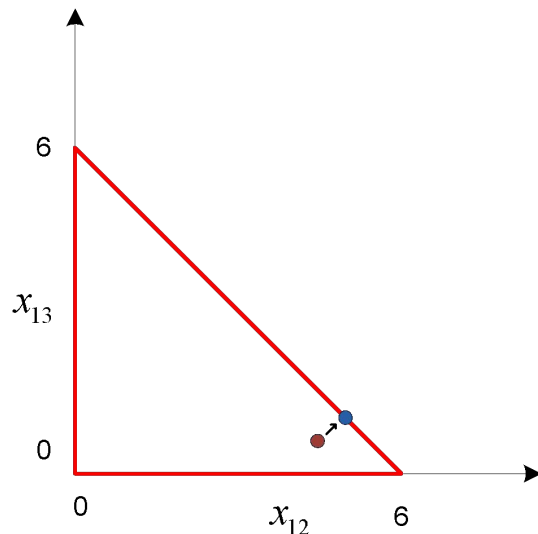
- Сложность задачи:
  - $N$  узлов в сети
  - $O(N)$  загрузок звеньев (известно)
  - $O(2N)$  запросов (неизвестно)
  - Необходимо учитывать дополнительную информацию по сети
- Множество алгоритмов решения:
  - Гравитационная модель (самый простой, пропорция)
  - Iterative Proportional Fitting (Kruithof's Projection)
  - Maximum Likelihood Estimation
  - Entropy maximization
  - Bayesian statistics (model prior knowledge)
  - и т.д.

# Постановка задачи (пример)



$$6 = x_{12} + x_{13}$$

Множество решений:



Дополнительная информация:

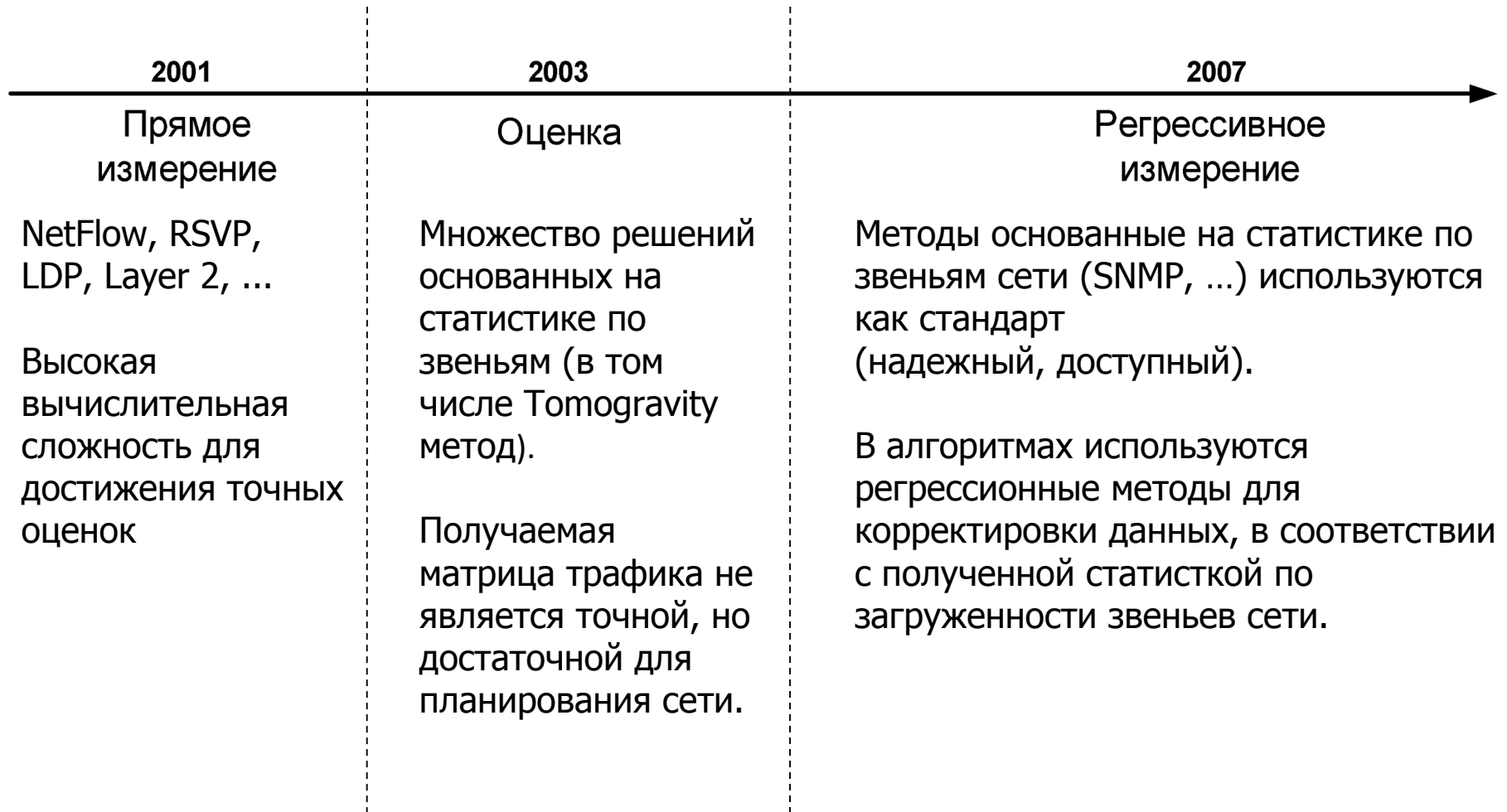
Например, «гравитационная» модель – каждый источник посылает некоторый процент трафика определенному получателю, равный доле суммарного трафика потребляемая этим получателем.

Пусть, суммарный трафик из источник 1 составляет 50 Мбит/с. Получатель 2 потребляет **2%** всего трафика, получатель 3 - **8%**.

Тогда  $x_{12} = 1, x_{13} = 4$

**Итоговое решение :**  $x_{12} = 1,5 \quad x_{13} = 4,5$

# Эволюция методов расчета



# Методы расчета

## Линейное программирование

1. Использование методов оптимизации для поиска оптимального решения для различных вариантов целевой функции и ограничивающих условий (множество решений (1) является бесконечным). При этом дополнительная информация по сети (например, статистика по загруженности звеньев), служит в качестве ограничений, что существенно повышает точность решения.

### Пример.

[1] O. Goldschmidt. ISP Backbone Traffic Inference Methods to Support Traffic Engineering . In Internet Statistics and Metrics Analysis (ISMA) Workshop, San Diego, CA, December 2000.

$P$  - множество потенциальных запросов

$K$  - множество интерфейсов

$x_p$  - требуемая ШПП для запроса  $p \in P$

$d_{kp}$  - доля трафика запроса  $p$  для интерфейса  $k \in K$

$f_k$  - измеренная нагрузка для интерфейса  $k \in K$

$$\sum_{p \in P} c_p x_p \rightarrow \max,$$

$$\sum_{p \in P} d_{kp} x_p \leq f_k, \forall k \in K$$

$$x_p \geq 0, \forall p \in P$$

$$\sum_{p \in P} d_{kp} x_p = f_k, \forall k \in K$$

# Методы расчета

## Метод Tomogravity

Шаг 1. На первом этапе рассчитываются начальные значения матрицы трафика  $M_g$ , используя гравитационный метод (пропорция).

Шаг 2. 
$$M_{(g)ij} = R_i \times \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n C_k - C_i}$$

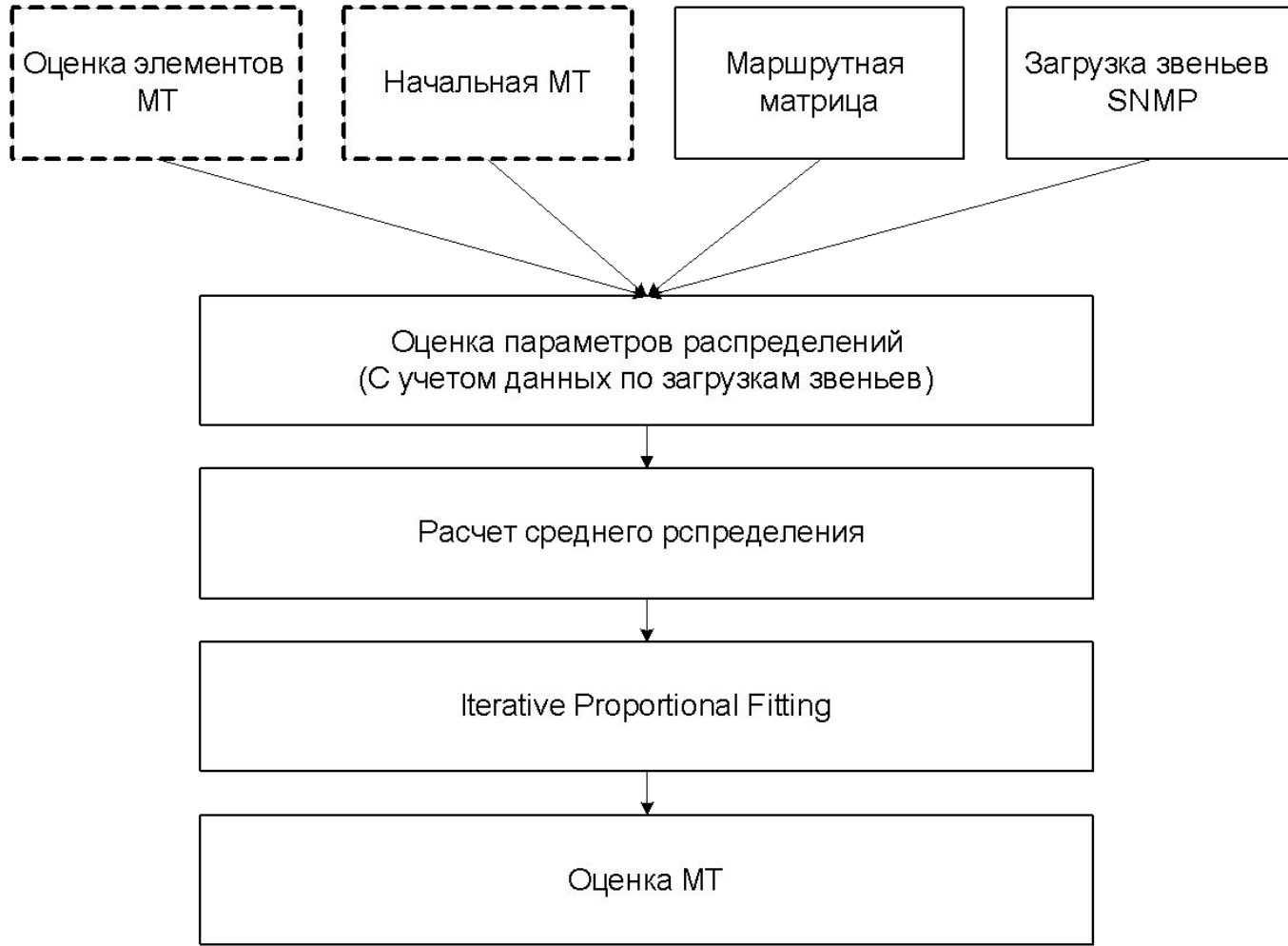
Шаг 3. Minimise  $\|M - M_g\|$  - задача линейного программирования

[2] Y. Zhang, M. Roughan, N. Duffeld, and A. Greenberg, Fast accurate computation of large-scale IP traffic matrices from link loads, ACM SIGMETRICS, San Diego, USA, June 2003.



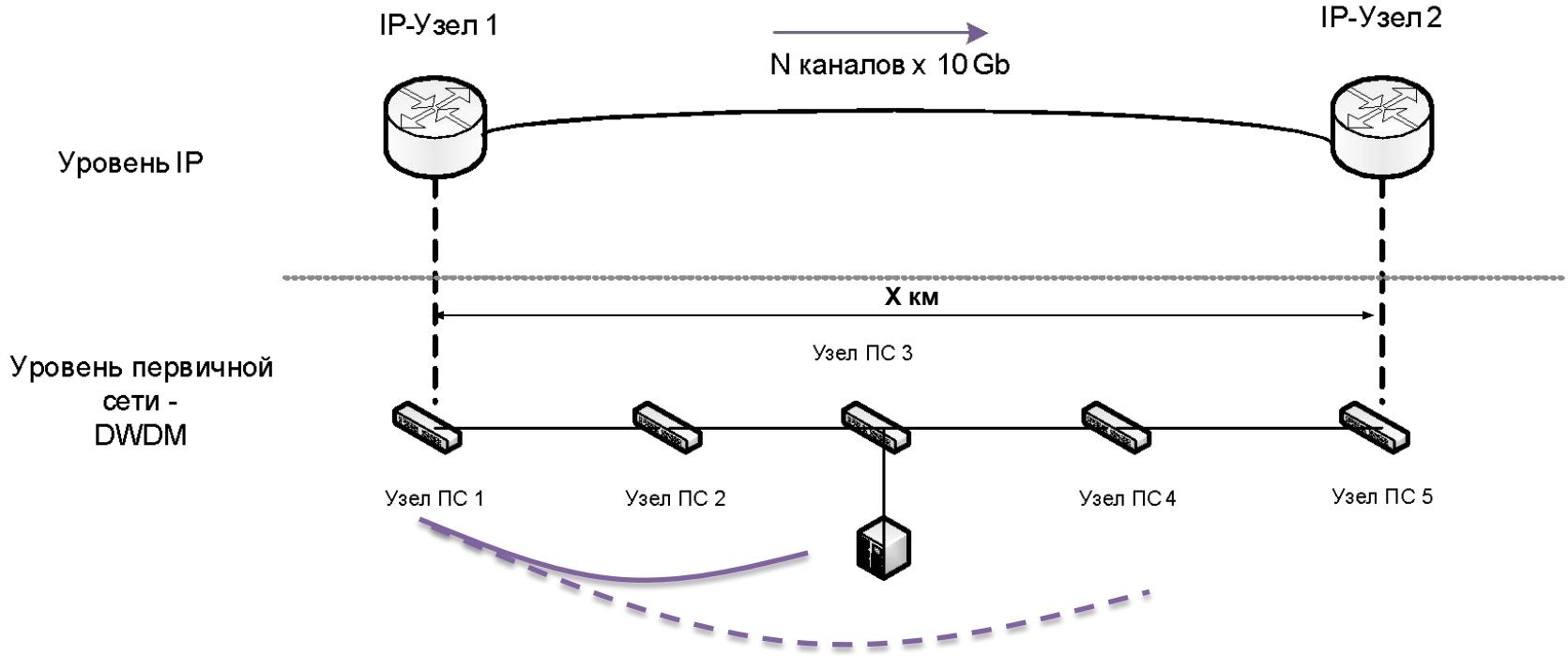
# Методы расчета

Статистические методы (идея)



# Задача оптимизации затрат при планировании первичной сети (1)

Что есть



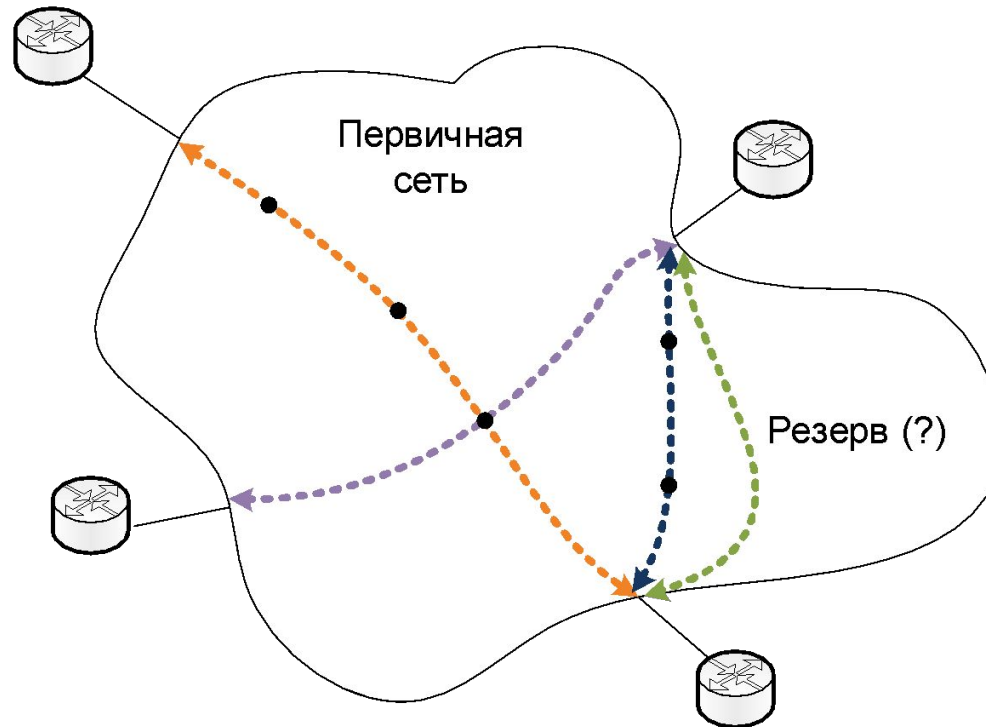
Матрица «достижимости»\*:

$$\begin{pmatrix}
 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 0 & 0 & 1 & 1 & 1
 \end{pmatrix}$$

**DWDM (Dense Wavelength-Division Multiplexing)**  
 мультиплексирование с разделением по длине волны

# Задача оптимизации затрат при планировании первичной сети (2)

## Постановка задачи

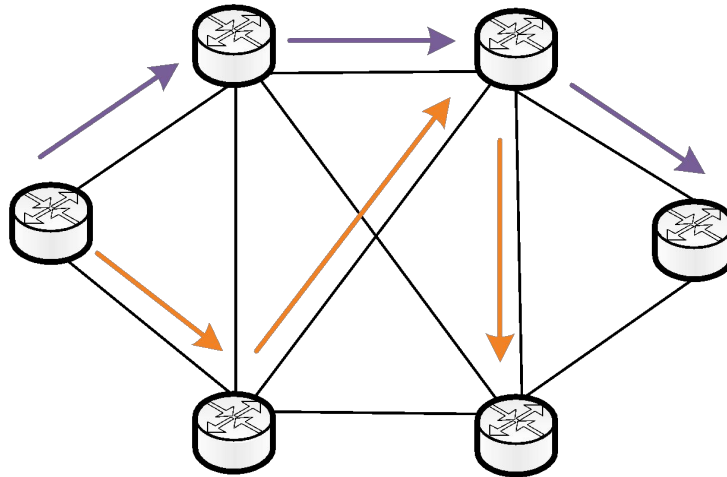


Дано:

- Требования по IP-трафику
- Матрица достижимости, топология сети
- Текущая нагрузка на сеть (порты)
- Список оборудования и его стоимость

Необходимо минимизировать затраты на необходимое упрочнение сети, при этом маршруты должны быть минимальной длины и максимально задействованы.

# Задача расчета OSPF-метрик по заданной маршрутизации



Дано:

- Новая маршрутная матрица (DORA, MIRA, ...)
- Старая маршрутизация – OSPF метрика (веса)

Необходимо использовать новую маршрутизацию, используя OSPF метрику