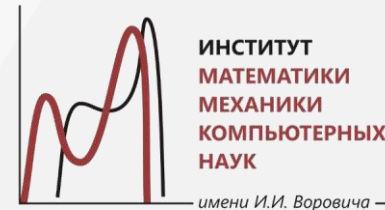


МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЭРГОДИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ СЕТЕЙ С МАЛЫМ РЕСУРСОМ



Кучеров Константин
Вадимович

Студент 4 курса бакалавриата ЮФУ, Институт
математики, механики и компьютерных наук

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор
Скороходов Владимир Александрович

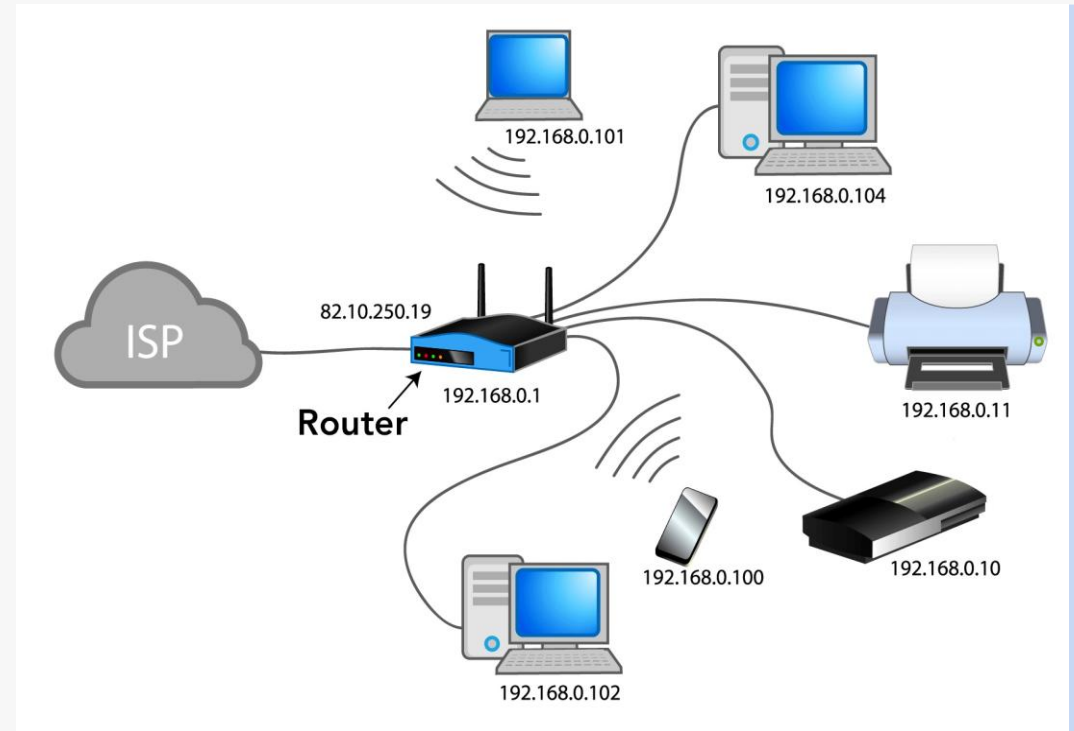
1. Введение
2. Начальные определения
3. Моделирование
4. Реконфигурация сети и балансировка нагрузки
5. Обсуждение
6. Ссылки

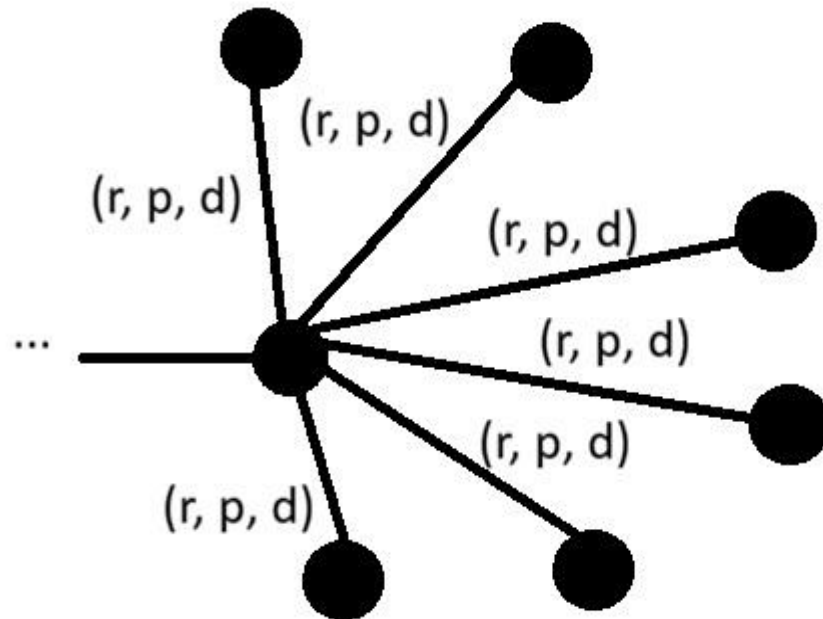
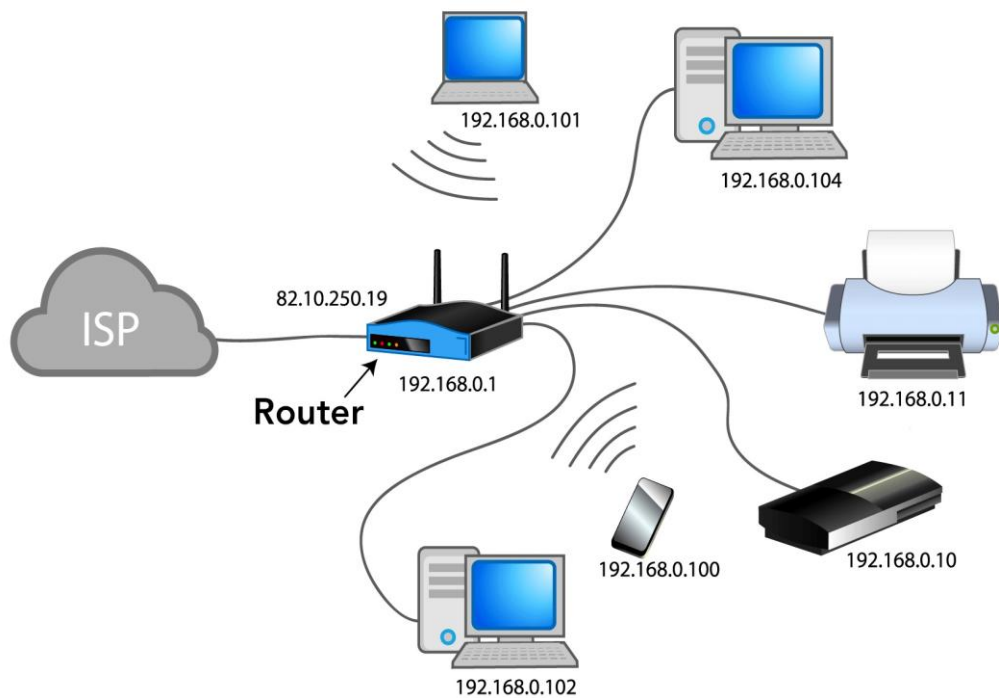
Составляющие телекоммуникационной сети:

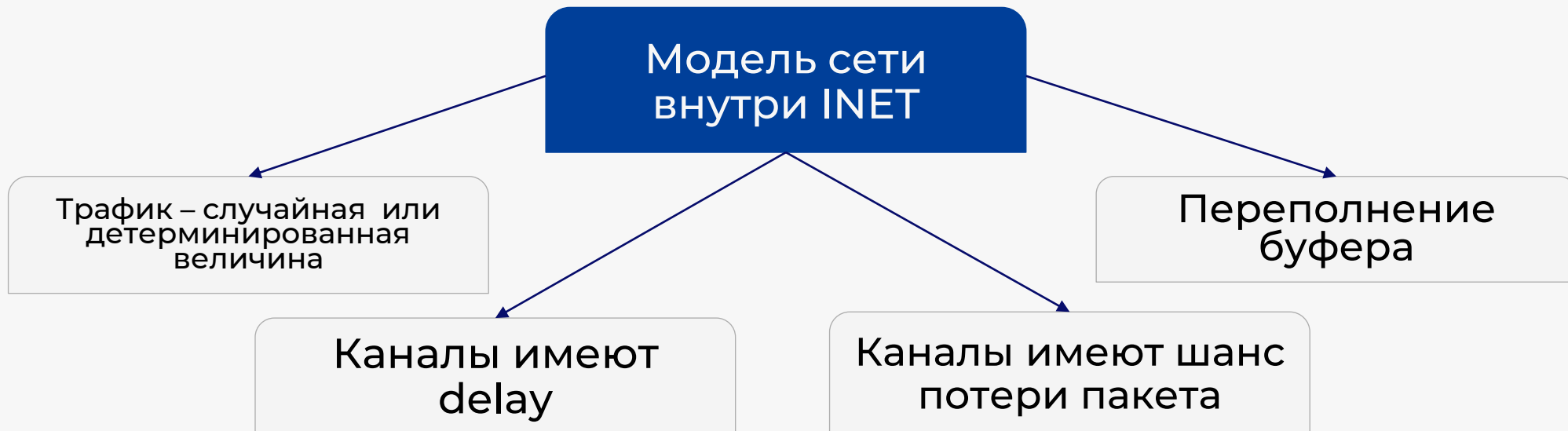
1 Узлы (коммутаторы, роутеры, хосты)

2 Рёбра (каналы связи)

3 Данные (трафик, протокол)









Ресурсная сеть – это:

- $G(X, U)$, где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$;
- $\{r_{ij}\}_{i,j=1}^n$, где $r_{ij} \geq 0$;
- $Q(t) = (q_1(t), q_2(t), \dots, q_n(t))$, $t \in N_0$.



Определение $Q(t), t \in N_0$:

- $Q(0) \in R^n$ – начальное состояние;
- $q_i(t+1) = q_i(t) - \sum_{j=1}^n F_{ij}(t) + \sum_{j=1}^n F_{ji}(t)$;
- $F_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{r_{ij}}{\sum_{k=1}^n r_{ik}} \cdot q_i(t), & q_i(t) \leq \sum_{k=1}^n r_{ik} \\ r_{ij} & , q_i(t) > \sum_{k=1}^n r_{ik} \end{cases}$.

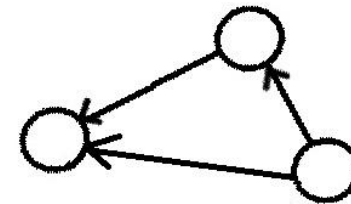
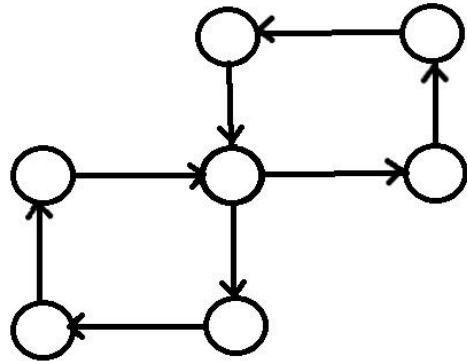
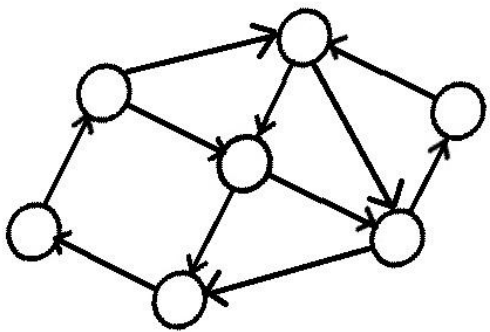


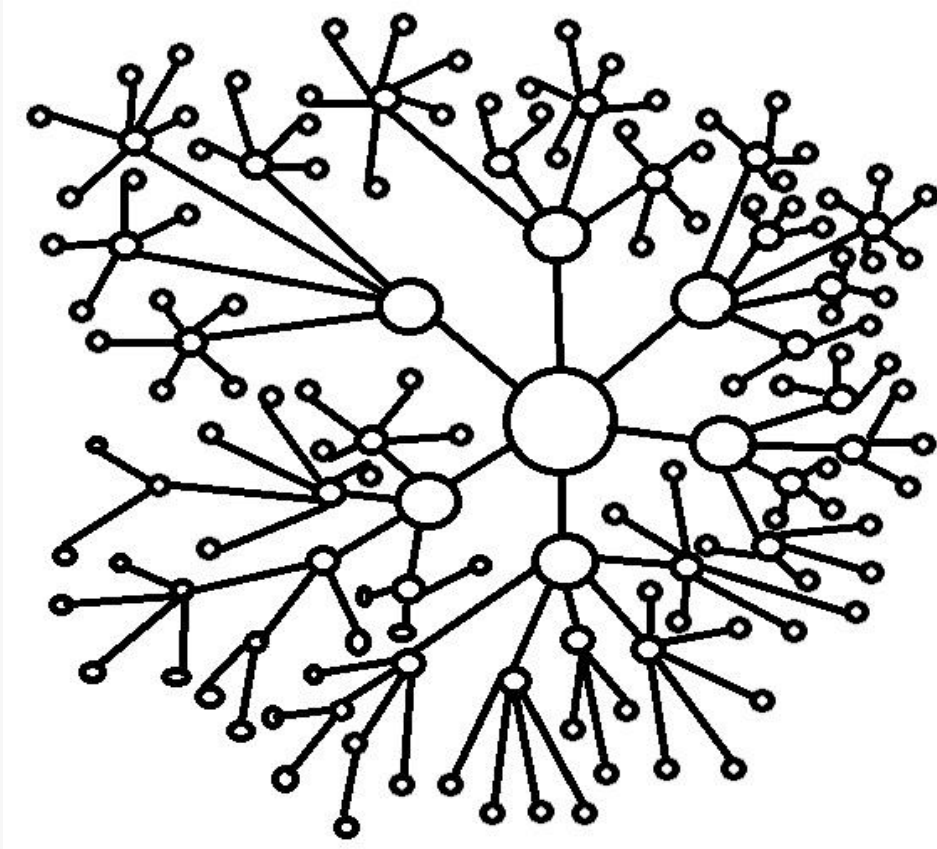
Говорят, что в сети расположен малый ресурс, если начиная с некоторого момента времени каждая вершина отдает весь свой ресурс.

Ресурсные сети

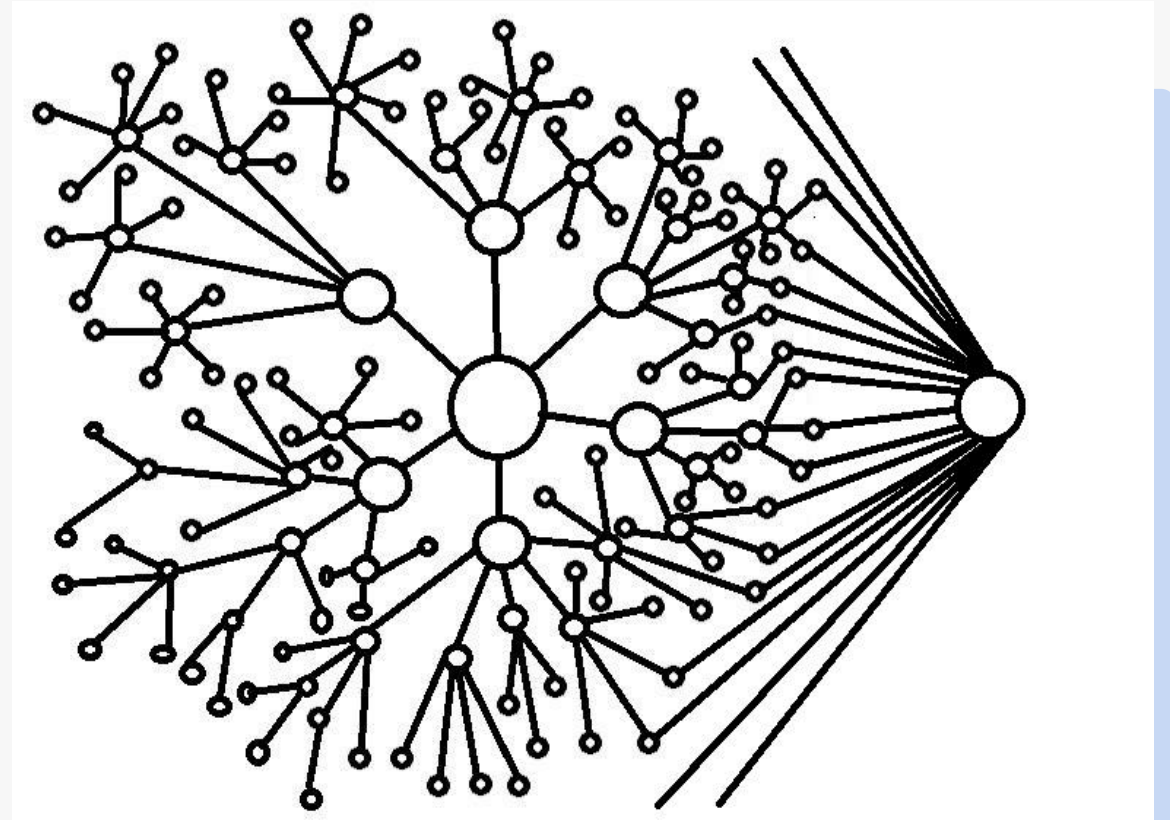
Эргодические

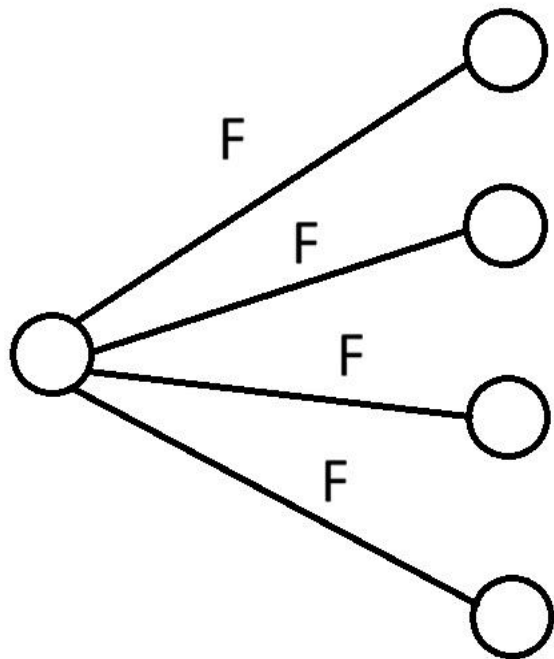
Не эргодические



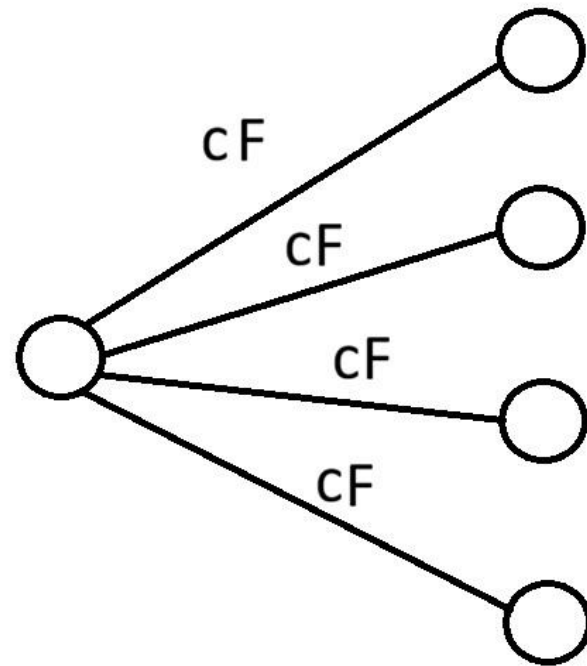


→

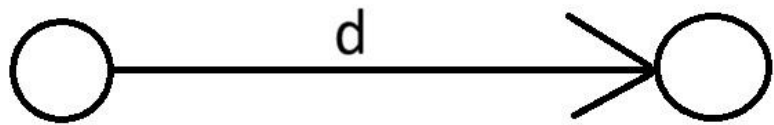




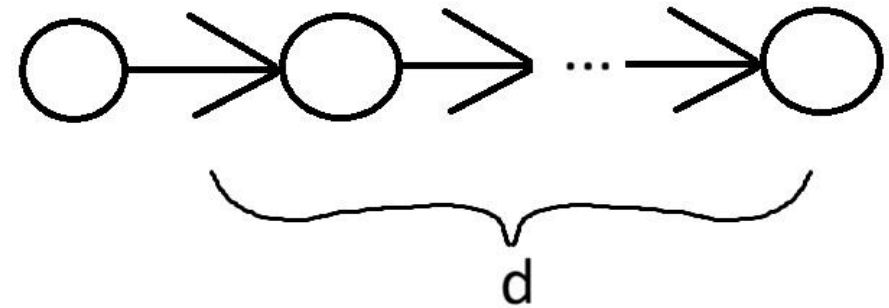
->

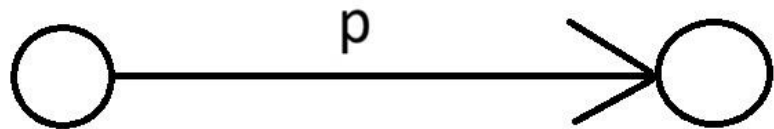


$$q_i = \sum_{i=1}^n F_{ij}$$

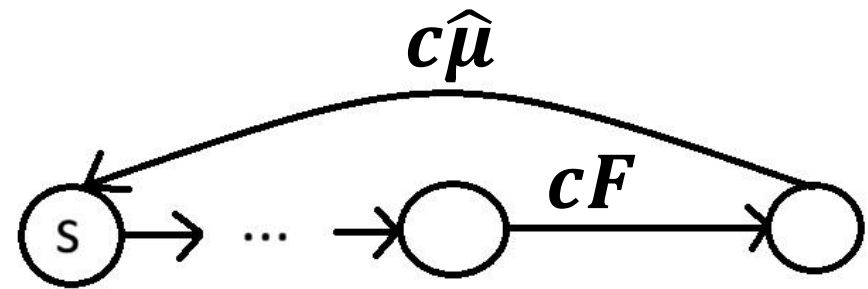


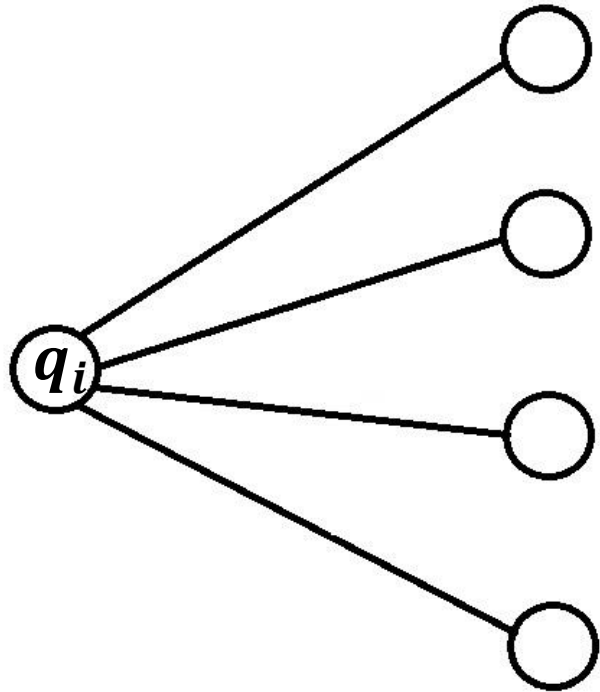
$\rightarrow$



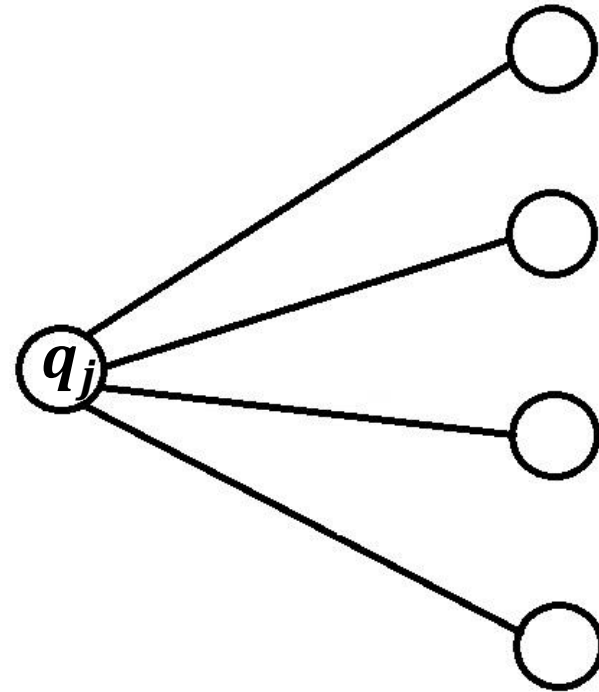


$\rightarrow$





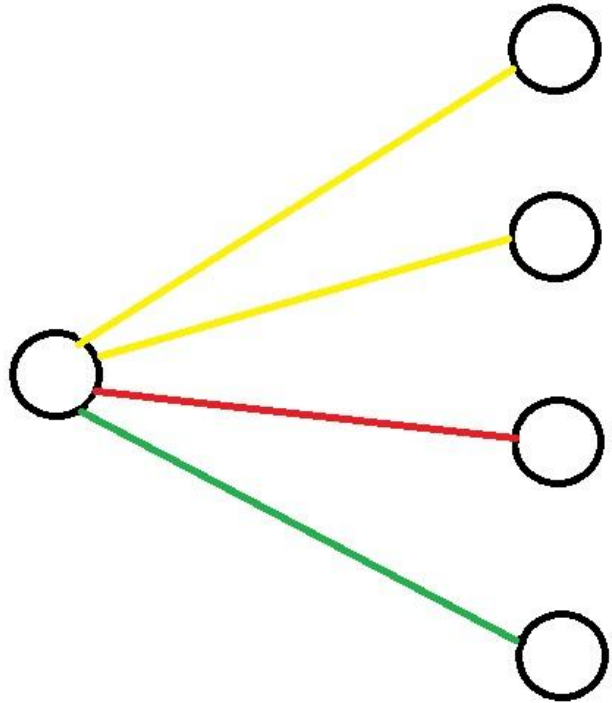
->



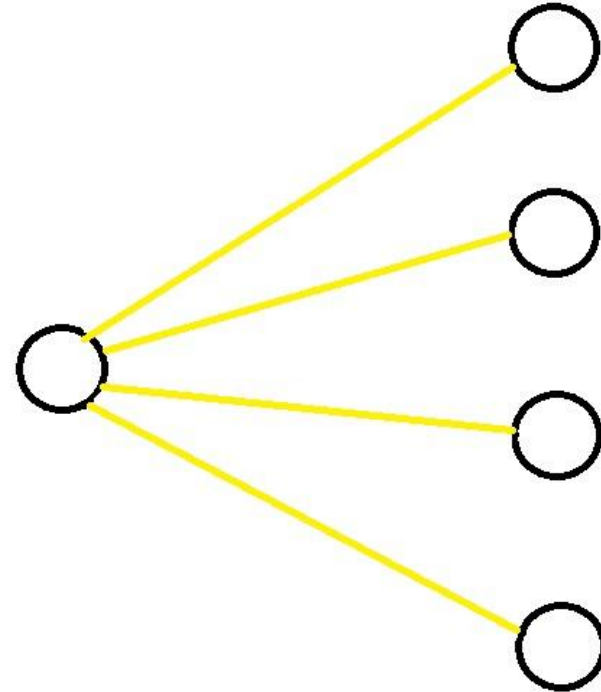
$$Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$$
$$R = (r_{ij})_{i,j=1}^n$$

Ресурсные сети	Реализация в INET
Трафик есть величина детерминированная	Трафик есть величина детерминированная и стохастическая
Потери через соединение с истоком	Потери моделируются отдельно
Задержка через «пробрасывающие» вершины	Задержка моделируется отдельно
Однородный трафик	Слежка за каждым битом
Отсутствие протоколов, очередей и пр.	Присутствие протоколов, очередей и пр.

Постановка задачи балансировки нагрузки



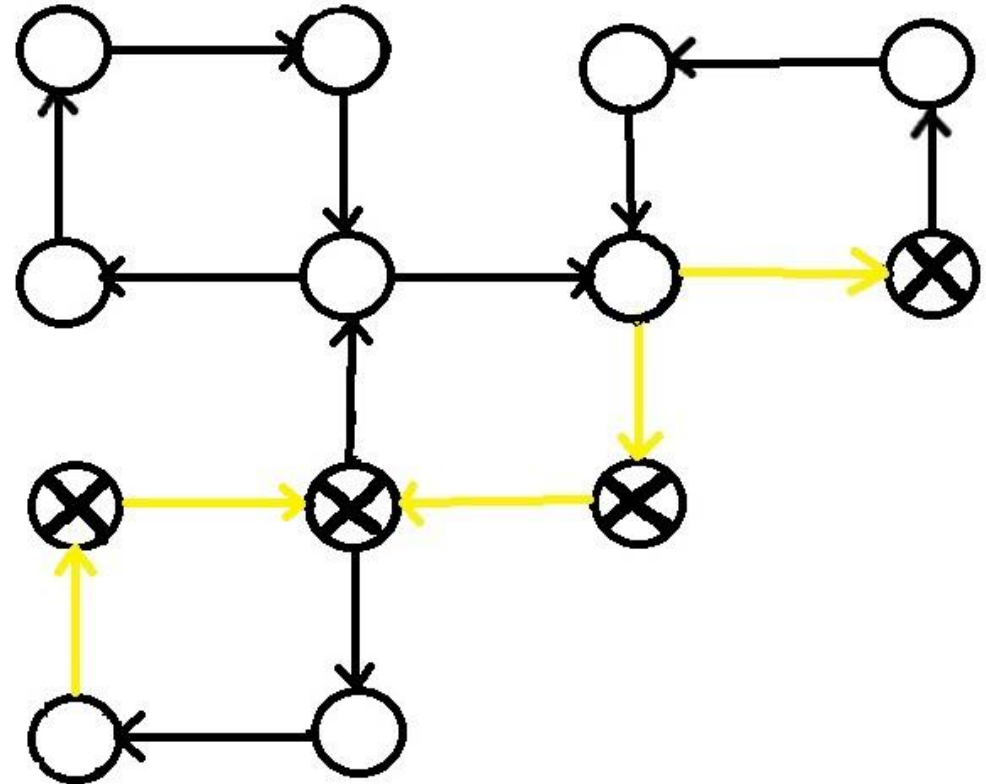
→

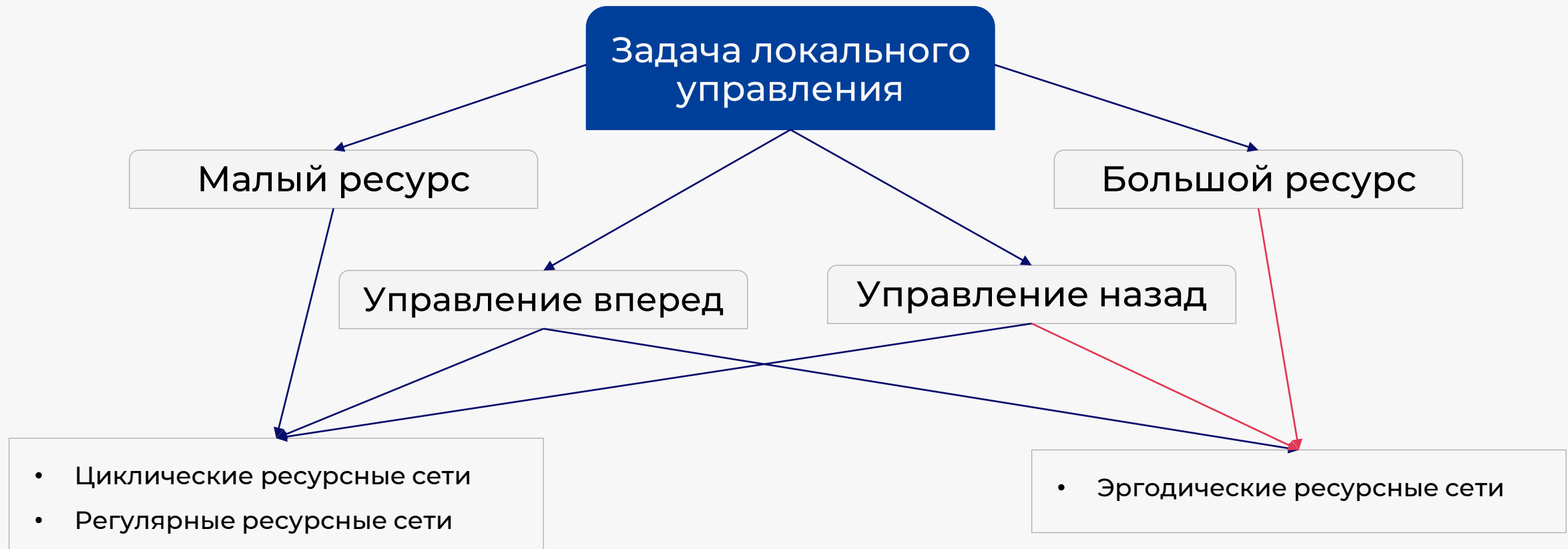


Постановка задачи

Пусть $G(X, U)$ – ресурсная сеть, $S \subset X$ – множество управляемых вершин, Q' – данное состояние. Необходимо:

- найти пропускные способности такие, что Q' является устойчивым;
- найти пропускные способности такие, что Q' достижимо из произвольного начального состояния Q_0 .







- [1] Жиликова Л. Ю., Кузнецов О. П. Теория ресурсных сетей. – М.: РИОР, 2020.
- [2] Kuchеров К. V., Skorokhodov V. A. Local control of flows in cyclic resource networks with low resource // *J. Math. Sci.* 2026. DOI: 10.1007/s10958-026-08403-5.
- [3] Евсеенко А. В., Скороходов В. А. Локальное управление входящими потоками в регулярных ресурсных сетях с малым ресурсом // *Дискретный анализ и исследование операций.* Т. 32. 2025. No. 2. С. 30-53.
- [4] Skorokhodov V. A., Erusalimskiy Ya. M. Flows local control in resource networks with a low resource // *Math. Stat.* 2023. V. 11(2). P. 300–307.
- [5] Skorokhodov V. A. Out-flows local control in resource networks with a large resource // *J. Math. Sci.* 2025. DOI: 10.1007/s10958-025-07994-5.