



## Кафедра телекомунікацій

# Дисципліна: **«Методи проєктування в телекомунікаціях»**

## **Лекція №2 «Узагальнена задача планування радіомережі»**

# Вопросы

- 1. Цели планирования радиосети.*
- 2. Постановка задачи планирования и оптимизации сети*
- 3. Пример алгоритма планирования радиосетей (на примере сети сотовой связи)*

## ***1.Цель планирования радиосети.***

**Цели** – оптимизация топологии и параметров радиосети, которые позволяют минимизировать материальные затраты при развертывании, тестировании и введении в эксплуатацию этой сети на определенной территории. При этом радиосеть должна обеспечить:

- 1) Определенную конфигурацию зоны покрытия;
- 2) Определенный уровень услуг, предоставляемый абонентам в пределах заданной зоны покрытия;
- 3) Определенную структурную стойкость и живучесть.

Построение покрытия является одной из самых необходимых вещей при планировании сети. Все остальные факторы и расчеты базируются только по покрытию сети.

Параметры, которыми оперируют:

- координаты базовой станции;
- высота подвеса антенны;
- угол места, азимут, диаграмма направленности антенны (ДН);
-

## 2. Постановка задачи планирования и

### оптимизации сети

$S \geq S_{\text{треб}}$	(1)	$S_{\text{треб}}$ – требуемая площадь территории покрытия;
$K \geq K_{\text{треб}}$	(2)	$K_{\text{треб}}$ – кол – во абонентов, которых необх. обслуживать
$B \geq B_{\text{треб}}$	(3)	(пропускная способность сети);
$E_{\text{пом}} \leq E_{\text{п.треб}}$	(4)	$B_{\text{треб}}$ – требуемая скорость передачи в сети; $E_{\text{п.треб}}$ - общая допустимая напряженность помех

### 2.1 Цена

Вложенные в строительство радиосети средства должны окупаться в заданный период. При проектировании конкретной системы, группа специалистов по технической, финансовой, маркетинговой стороне проекта должны разработать **бизнес-план**, в котором, исходя из условий рынка, технических и финансовых возможностей оператора должны быть оценены объемы возможных затрат и объемы предполагаемой прибыли от реализации

$$C = C_{site} + C_f + C_{оборуд}$$

$C_{site}$  - финансовые затраты на организацию местоположения базовой (приемопередающей) станции:

- антенно-мачтовое сооружение (новое или аренда),
- помещение для размещения оборудования;
- Линейно-кабельные сооружения и.т.д.

$C_f$  - финансовые затраты, связанные с покупкой лицензий на использование радиочастотного ресурса и проведение процедуры ЭМС РЭС;

$C_{оборуд}$  - финансовые затраты, связанные с покупкой оборудования и прохождением процедуры его сертификации

## 2.2 Территория обслуживания

территория обслуживания должна быть не менее заданной  $S_{\text{треб}}$  - **90 %** территории должно быть покрыто хорошим уровнем сигнала. При аппроксимации участка территории зоны покрытия квадратом ( $l \times l$ ), получим, что

$$S = m \cdot l^2,$$

$m$  – количество участков, где выполняется условие:

$$\frac{C}{N + \sum I} \geq \left( \frac{S}{N} \right)_{\min},$$

$C$  – Carrier – уровень несущей;

$N$  – уровень собственного шума приемного устройства;

$\sum I$  – суммарный уровень помех.

$\left( \frac{S}{N} \right)_{\min}$  - минимально необходимое отношение сигнал/шум на входе приемного устройства (определяется исходя из заданного значения BER, вида помехоустойчивого кодирования и модуляции)

## 2.3 Пропускная способность сети

На начальном этапе проектирования системы под пропускной способностью системы понимают предполагаемое количество обслуживаемых абонентов  $K$ . Пропускная способность сети на этапе проектирования должна быть выбрана достаточной ( $K \geq K_{\text{треб}}$ ), для удовлетворения всей потенциальной емкости рынка мобильной связи в намеченном регионе.

## Что подлежит оптимизации при планировании радиосети ?

Оптимизации подлежат:

- количество БС (желательно, в сторону уменьшения)
- параметры антенны: *высота, азимут, угол места, максимальный коэффициент усиления, форма диаграммы направленности антенны;*
- параметры приемо-передатчиков: мощность, ослабление в фидере, динамический диапазон мощности, частотная маска передатчика и частотная маска приемника, частота, модуляция, кодирование, чувствительность приемника



## 2.4 Помеховая обстановка и ЭМС

Напряженность поля помех от сети на контуре планируемой территории покрытия не должна превышать требуемого значения  $E_{п.треб}$ .

При анализе доступных для планирования частот, важнейшим пунктом является оценка электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭС.

Под **ЭМС** понимается способность сети функционировать без создания радиосредствами сети друг другу вредоносных помех.

ЭМС рассматривается на двух уровнях:

- *межсистемная ЭМС;*
- *внутрисистемная ЭМС.*

Основой для обеспечения межсистемной ЭМС является разделение частотного диапазона, определяемое Регламентом радиосвязи и Планом Радиочастот Украины.

Рассмотрим критерий, на основании которого принимается решение об электромагнитной совместимости:

**Критерий максимума отношения сигнал/(помеха+шум):**

**SNIR** – signal noise interference ratio.

$$\text{SNIR} = \frac{C}{N + I} \approx \frac{C}{I} \geq \left( \frac{C}{I} \right)_{\text{доп}},$$

где **C** – уровень полезного сигнала, **N** – собственные шумы приемника, **I** – уровень помехи.

$\frac{C}{I}$  – для большинства современных радиосетей, так как уровень интерференции значительно превышает уровень собственных шумов приемника.

$\frac{C}{N + I}$  – для соканальной помехи.

$\frac{C}{N + I} + \text{IRF}$  – если помеха приходит по соседнему каналу.

**IRF** (interference rejection factor, **коэф.подавления помех**) – характеризует, насколько приемная система в состоянии отфильтровать помеху, которая приходит по соседним каналам.

Способ задачи IRF : вычисляется на основании масок передатчика и масок приемника.

1.С помощью МСЭ (Международного Союза Электросвязи). Хорошо зарекомендовал себя для телевидения.

2.На основании упрощенных кривых.

3. С использованием табличных значений, определенных заранее для конкретного оборудования. Пример:

k	IRF
0	0
1	30
2	47
3	60

k – номер  
канала

## 2.5 Задачи планировщика радиосети

□ Поиск сайтов (мест размещения базовых станций) и формирование покрытия.

□ Задача назначения частот.

Назначение частот это эвристическая задача, которая не имеет абсолютного решения.

Есть несколько постановок задачи назначения частот:

- **минимизации интерференции в заданной полосе частот;**
- **минимизации интерференции при заданных каналах;**
- **минимизации количества частот при фиксированном уровне интерференции;**
- **минимизации полосы частот при фиксированном уровне интерференции**

## 2.6 Методы назначения

### частот:

- Монте-Карло;
- полного перебора;
- последовательного назначения;
- отжига и закалки;
- табу;
- Туннельный метод.

### 2.6.1 Метод Монте-Карло.

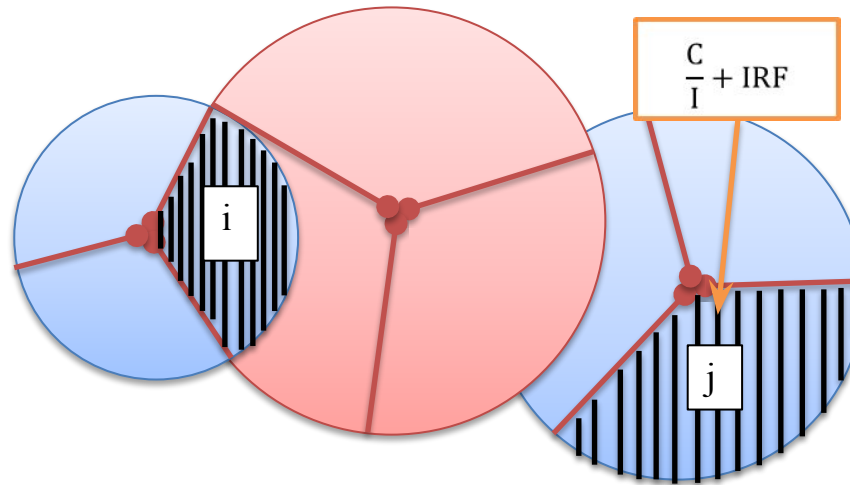
При методе Монте-Карло случайным образом генерируется заданное число частотных каналов – **частотный план**. Для каждого частотного плана вычисляется **матрица интерференции**, и предлагается наилучший частотный план.

**Матрица интерференций** - интегрально характеризует взаимную интерференцию между элементами сей сети.

Это матрица имеет размерность, пропорциональную количеству БС (секторов).

$$M = \begin{vmatrix} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & \end{vmatrix} m_{ij} (i \neq j)$$

$m_{ij}$  – характеризует степень влияния БС (сектора)  $i$  на БС (сектора)  $j$ .



### Вычисления матрицы интерференции.

В каждой точке зоны обслуживания сектора  $j$  вычисляют:

$\frac{C}{I} + \mathbf{IRF}$ . Где  $C$  – полезный сигнал от БС  $j$ , а  $I$  – интерференция от БС  $i$ .

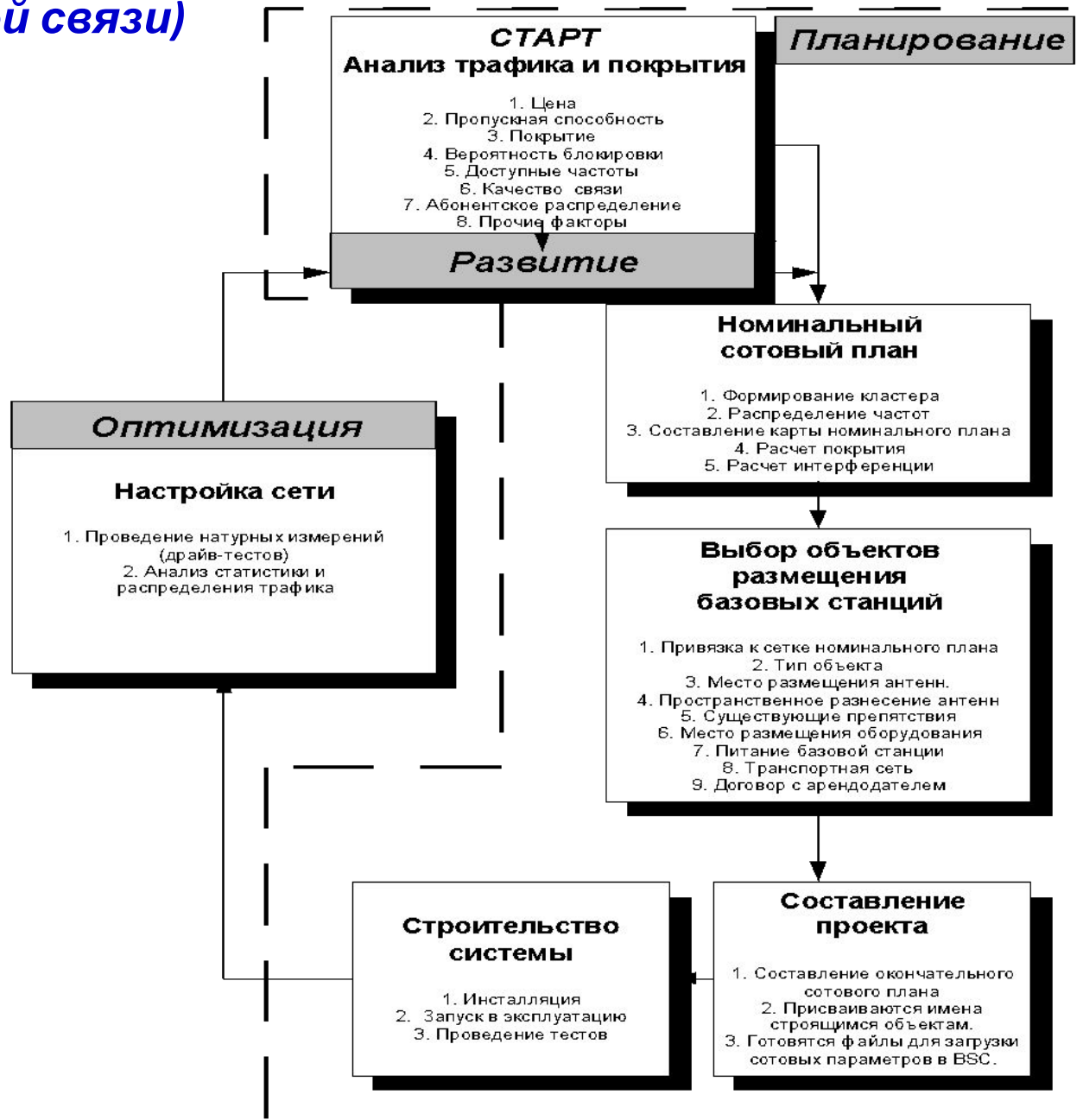
$$m_{ij} = \frac{K_{ij}}{n_i},$$

где  $K_{ij}$  – количество пикселей в зоне обслуживания сектора  $j$ , где  $(C/I + \mathbf{IRF}) < (S/N)_{\text{треб}}$ ,  
 $n_i$  – количество пикселей в зоне обслуживания сектора  $i$ .

### 2.6.2 Метод полного перебора.

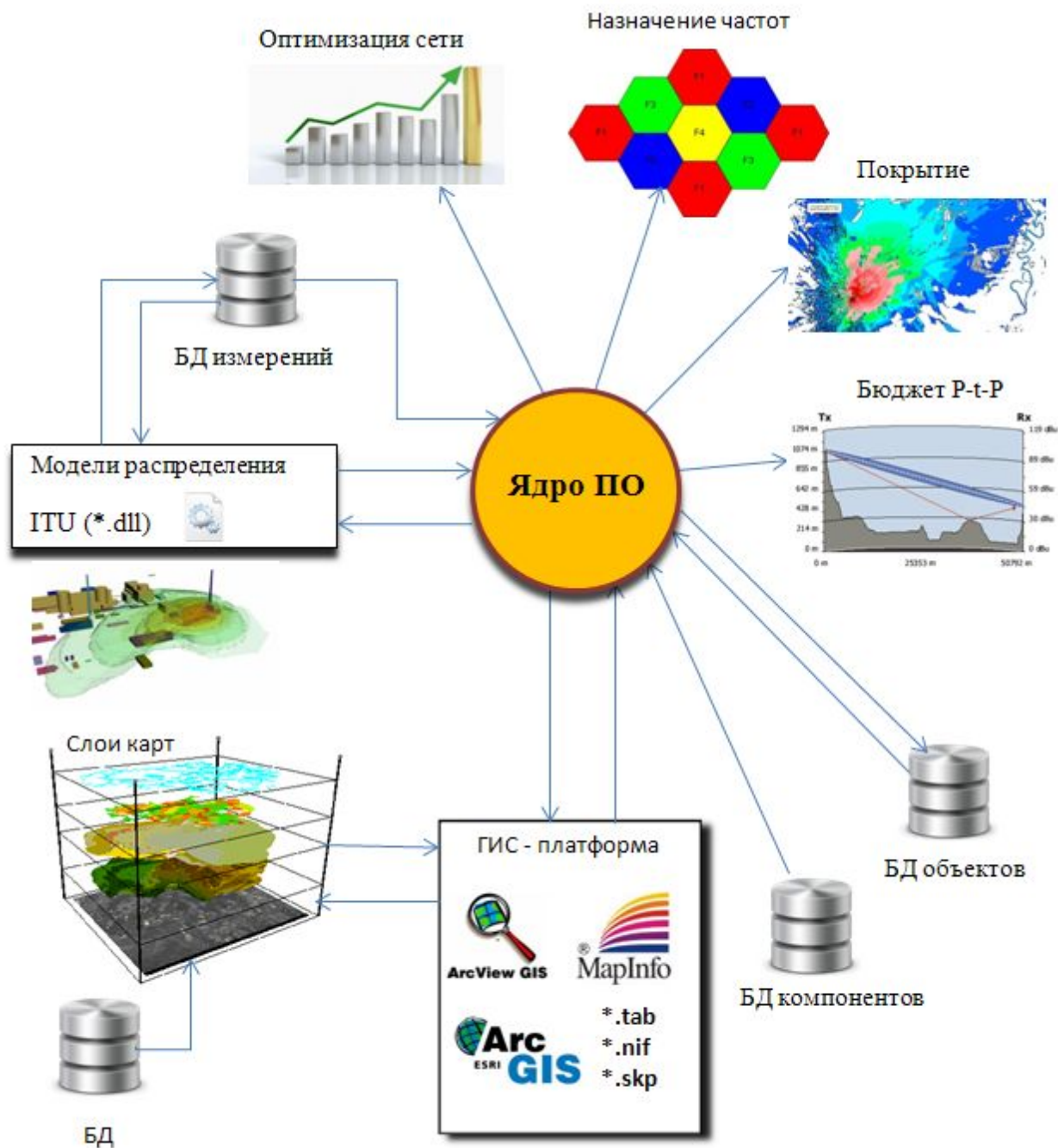
Перебираются все варианты назначения частот. Определяется матрица интерференции и выбирается наилучший вариант (например, если **БС** = **10**, а число частот ***f*** = **5**, то количество вариантов **10<sup>5</sup>**).

### 3. Пример алгоритма планирования радиосетей (на примере сети сотовой связи)





## 4. Использование средств автоматизированного планирования



## Категории программного обеспечения:

- Профессиональное ПО по планированию радиосети: ***Atoll, ICS Telecom.***
- ПО, фиксированное под оборудование определенного производителя (***Cisco Wireless Control System***)
- Полупрофессиональное ПО, разработанное под вид связи, например, для планирования сетей Wi-Fi:
  - ***EkaHau Site Survey;***
  - ***TamoGraph Site Survey;***
  - ***RF3D WiFi Planner и.т.д***

Применение современных систем автоматизированного проектирования сетей подвижной радиосвязи **не всегда дает результат**, который соответствует реальной ситуации. Это связано с тем, что многие модели, заложенные в системы проектирования, являются **эмпирическими**, следовательно, приближёнными. Причём, очень сложно в данные модели заложить достоверно всю информацию об исследуемом районе (плотность застройки, тип материалов застройки, высотную модель застройки). Если же последние факторы, в какой-то степени являются детерминированными, то такие факторы как погодные условия, движущиеся объекты, влияющие на распространения радиосигналов - случайны, и не могут быть заложены в данные модели.

Отсюда следует, что полноценный анализ работоспособности системы не может быть проведён с помощью данных систем проектирования без проведения натурных измерений в сети сотовой связи.