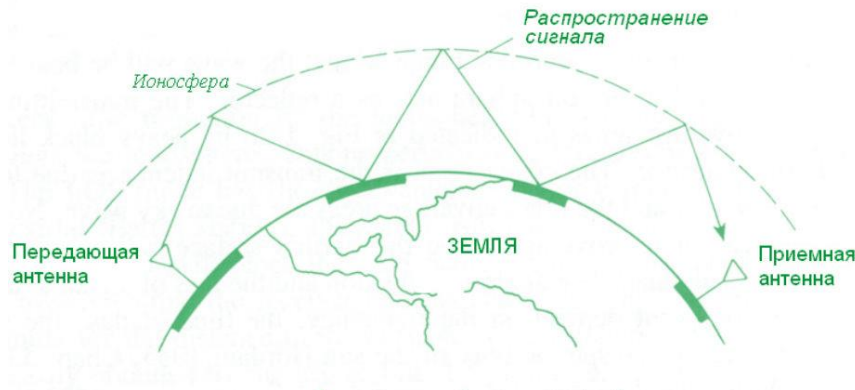


Наземная радиосвязь позволяет передавать информацию в любую точку Земли ...

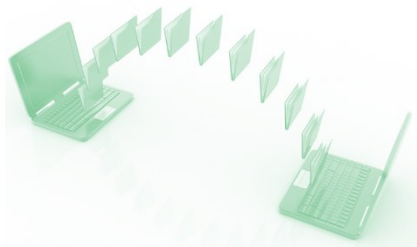


В 1930 г. между островом Гукера (Земля Франца–Иосифа) и антарктической станцией у ледяного барьера Росса была организована устойчивая радиосвязь. Расстояние между радиопередатчиками превышало 20 000 км.



Но, ограничения частотного ресурса не позволяют удовлетворить все современные потребности в объеме передаваемой информации...

Только мобильной связью регулярно пользуются
свыше **4 млрд. жителей Земли**



Общий объем передаваемых через мобильный интернет данных приближается к
1 Эксабайту в день (**10^{18} байт**)

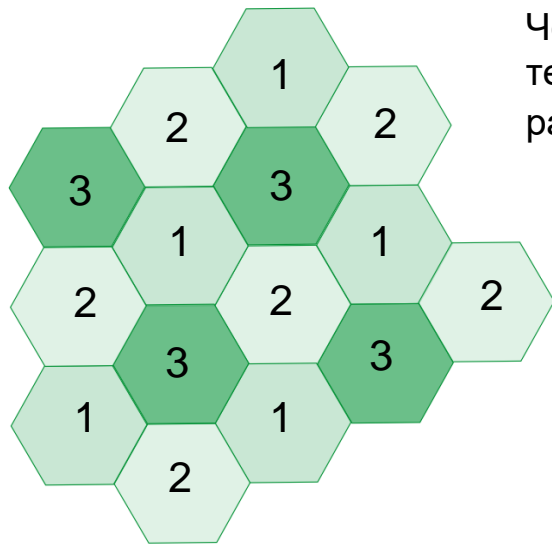
Для передачи такого объема данных необходим канал
с пропускной способностью: **2.2×10^{14} Бит в сек.**



Весь частотный ресурс,
используемый для сверхдальней радиосвязи в 1930 году,
не смог бы обеспечить даже **0.0001 %** от требуемой
пропускной способности.

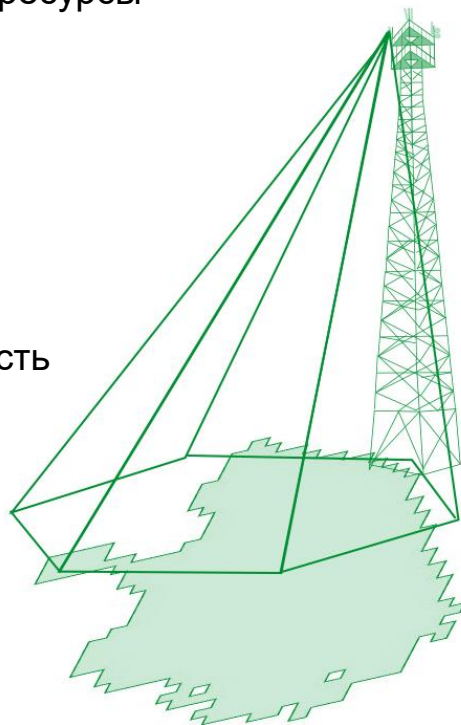
Многократное территориальное переиспользование радиоресурсов снимает емкостные ограничения на передачу информации

Если территорию разделить на повторяющиеся площадные участки (соты), то можно через определенные интервалы назначать одни и те же радиоресурсы



Чем регулярнее сотовая структура, тем чаще можно переиспользовать радиоресурсы, повышая **емкость сети**

Но, рельеф и подстилающая поверхность оказывают существенное влияние на распространение радиоволн, нарушая **регулярность сот**

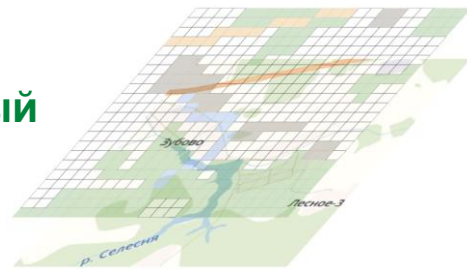


Только математическое моделирование на основе пространственных данных позволяет спрогнозировать структуру сотовой сети

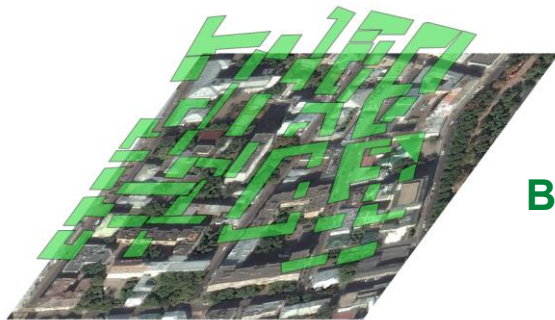
Пространственные данные должны быть адаптированы под математическую модель расчета уровня сигнала (покрытия)

Используются два формата электронного представления пространственной информации:

Растровый



Векторный



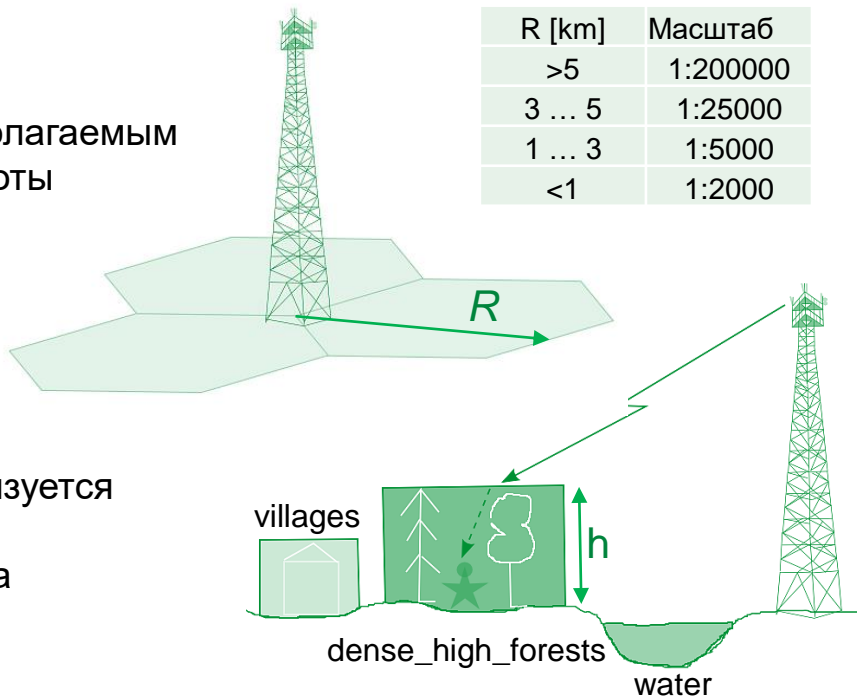
Для растровых слоев вводится клатерная классификация

Типы клатеров унифицированы и характеризуют вид подстилающей поверхности

open
open_area
sport_facilities
water
bushes
vegetation_in_cities
dense_high_forests
villages
loose_city_block
dense_city_block
urban
industrial_areas
buildings
suburban
roads

Масштаб клатера
определяется предполагаемым
средним размером соты

R [km]	Масштаб
>5	1:200000
3 ... 5	1:25000
1 ... 3	1:5000
<1	1:2000

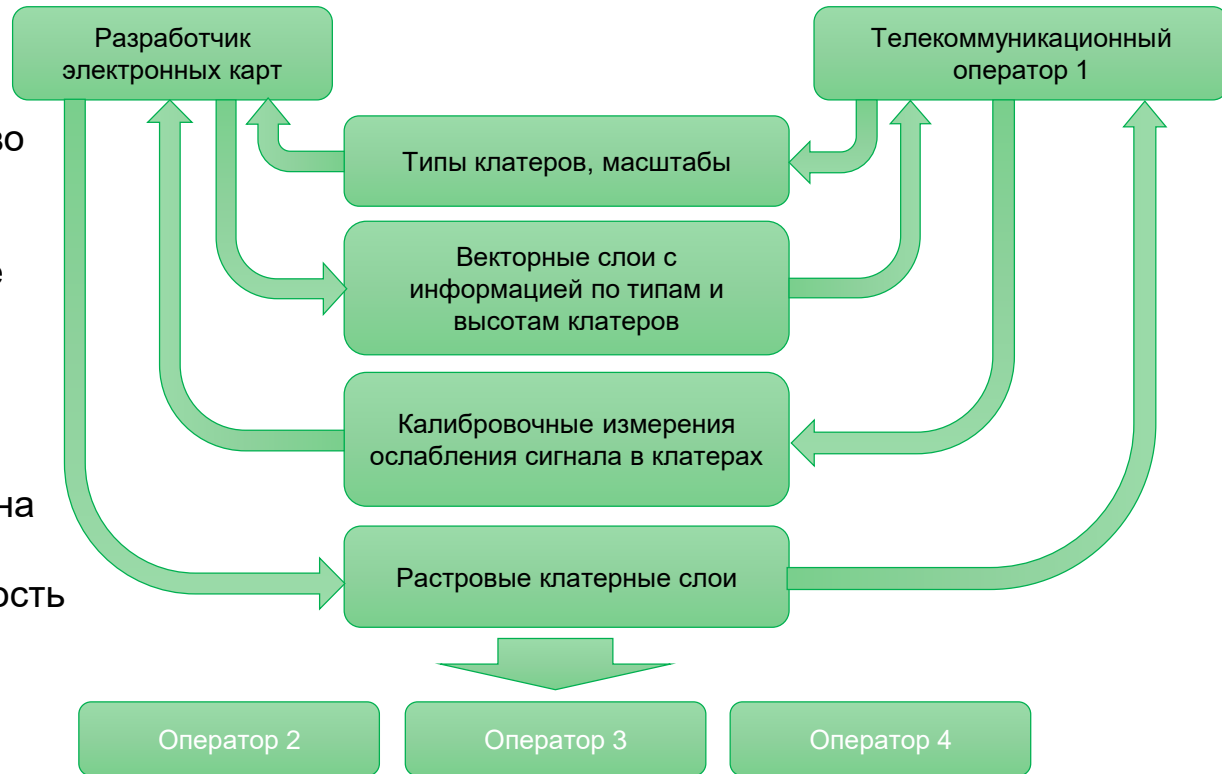


Каждый клатер характеризуется
высотой и степенью
ослабления радиосигнала

Создание пространственной клатерной основы открывает пути коммерческой кооперации в телекоммуникации

Взаимовыгодное сотрудничество по созданию адаптированных пространственных данных приведет к появлению на рынке новых востребованных коммерческих продуктов

Новые продукты позволят операторам сократить затраты на калибровку пространственных данных и повысить эффективность их применения



Векторный формат пространственных данных используется в моделях расчета повышенной точности



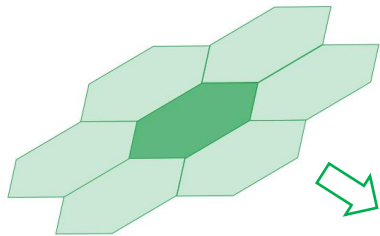
3D модель зданий необходима в плотной городской застройке для учета переотражений сигнала

Материал стен определяет уровень сигнала внутри зданий (более 70% городских пользователей связи находятся внутри помещений)

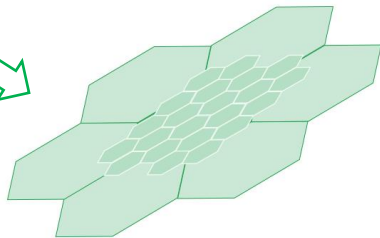
Технология 5G с переходом на мм диапазон радиоволн потребует включения в модель всех затеняющих препятствий (отдельно стоящие деревья, рекламные щиты, транспортные эстакады и т.п.).

Требования к детализации векторного представления пространственных данных растут с увеличением плотности сотовой сети.

Пространственный анализ загрузки сот позволяет оптимизировать ресурсы сети



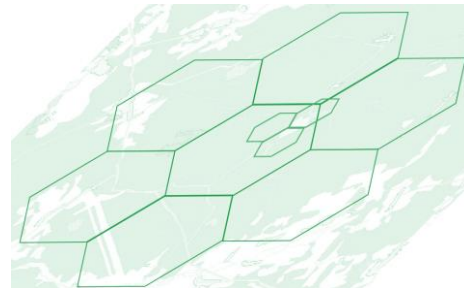
Территориальное распределение абонентов может приводить к локальным перегрузкам



Масштабируемость сот на локальном участке сети перераспределяет нагрузку

Оператор способен определить источник перегрузки только с точностью до границ соты, с некоторым допущением по удаленности от базовой станции

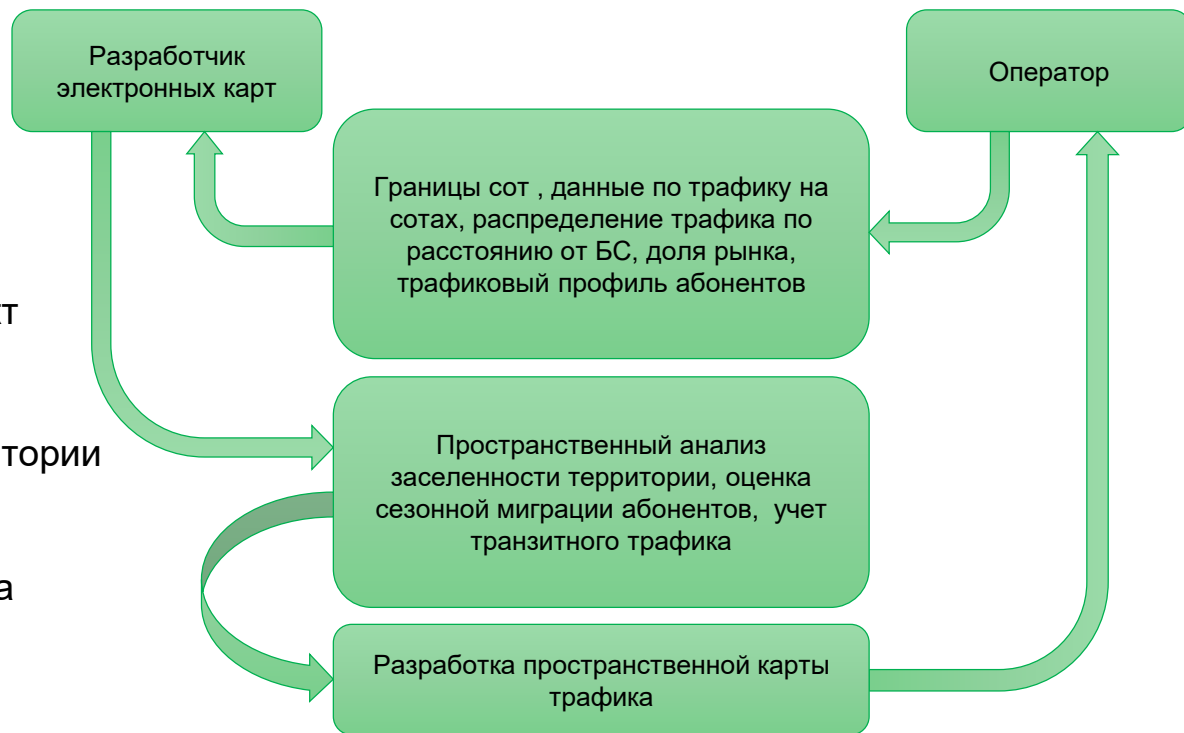
Пространственный анализ с учетом топологии местности позволяет более точно оценивать причины перегрузок и решить проблему минимальными ресурсами



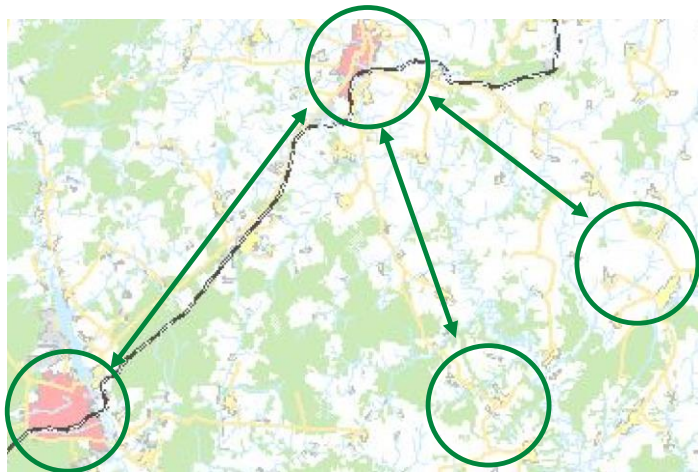
Прогнозирование пространственного распределения трафика – один из ключевых этапов проектирования сотовых сетей

Оператор и разработчик электронных карт вовлечены в общий технологический процесс, результатом которого является высокоинтеллектуальный продукт

Масштабы анализируемой территории и необходимость актуализации информации делают разработку пространственной карты трафика коммерчески привлекательным направлением

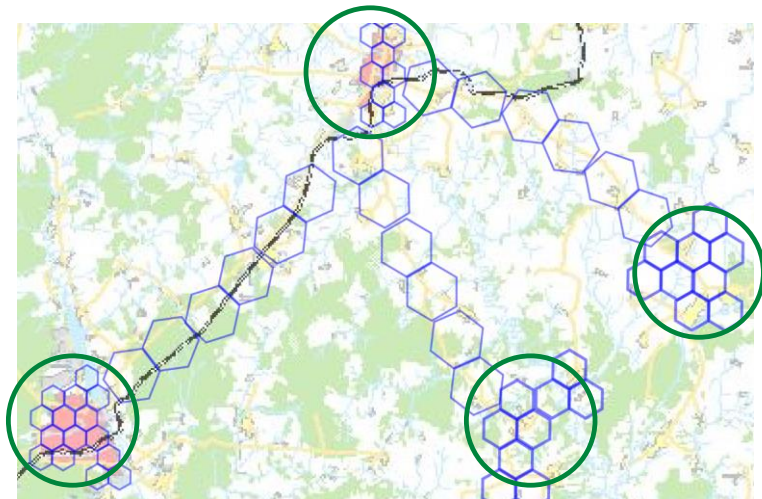


Непрерывность связи в сотовых сетях обеспечивается эстафетным межсотовым переключением движущихся абонентов



Оператору **важно понимать** как перемещаются абоненты между зонами локаций ...

... для этого нужны электронные карты транспортной инфраструктуры с информацией **о типе объекта, пассажиропотоке и основных пунктах назначения**



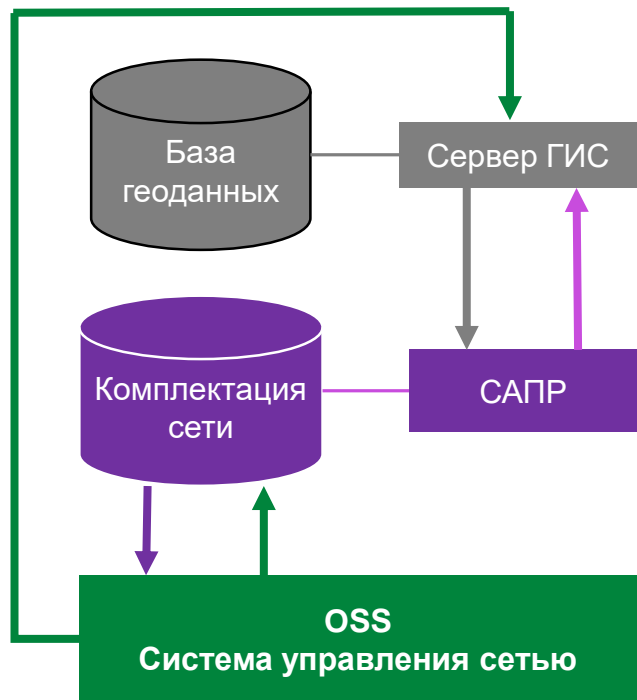
Пространственные геоданные и сетевые характеристики анализируются совместно и интегрируются в единую информационную структуру

Переход от площадных и линейных объектов к представлению в виде точек позволяет объединить пространственные геоданные и результаты моделирования сети

География	ID_point	15682399
	Long	36.306312
	Lat	51.53149
	H_terra	110
	Type_Cluter	Suburban
Население, транспортный трафик	ID_нас_пункт	31024000005
	Popul_point	12.3
	Area_poin_sq_km	0.0084
	ID_Road	2300015678
	Road_point_km	0.1
Обслуживающие соты	Road_traffic_poin	10
	cell_2G_900	BOBES3G7
	cell_2G_1800	BOBES3G1
	cell_3G_900	BOBES3U7
	cell_3G_2100	BOBES3U1
	cell_4G_800	
	cell_4G_1800	BOBES3L1
	cell_4G_2600	
Уровни сигнала (покрытие)	cov_2G_900	-80
	cov_2G_1800	-90
	cov_3G_900	-91
	cov_3G_2100	-100
	cov_4G_800	
	cov_4G_1800	-110
	cov_4G_2600	
Трафик	CS_Traffic	0.1
	PS_Traffic	2



Интеграция пространственных данных в единую информационную систему происходит на всех этапах функционирования сотовой сети



Планирование новых сетевых ресурсов

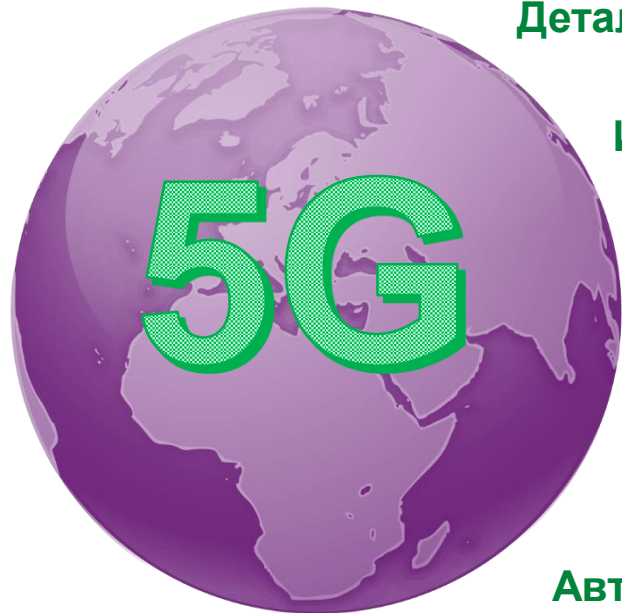
Аналитика KPI сети, генерация отчетов

Оперативный **мониторинг** сети
через Web-приложения

Выявление проблем на сети до уровня соты

Автоматическое управление конфигурацией
сети (SON)

Дальнейшая технологическая эволюция телекоммуникационных систем выдвигает новые требования к пространственным данным



Детализация – доведение до уровня **3D**-моделей электронных карт районов городской застройки

Информативность – включение в пространственные данные информации по смежным отраслевым направлениям (**демография, экономика, транспорт и т. п.**)

Актуальность – отслеживание актуальности **на уровне тех. поддержки** поставляемых пространственных данных

Синергия – кооперация с телекоммуникационной отраслью для создания полноценных клатерных карт **для САПР**

Автоматизация – **возможность интеграции** пространственных данных в информационные телекоммуникационные системы

Спасибо!

