

IoT

5G

Lte



WiFi



«Опыт использования программных продуктов ATDI для обеспечения беспомеховой обстановки на основании измерений и компьютерного моделирования радиосигналов»

Семинар МСЭ «Обеспечение беспомеховой работы радиосредств на современном этапе развития»

Минск, 10 - 11 апреля 2019

Федор Станкевич

«АТДИ Евразия», г. Москва

СОДЕРЖАНИЕ

Основные причины помех

Обработка данных предоставляемых системой радиомониторинга

Пример 1 : Расчет ЭМС с использованием данных радиомониторинга

Пример 2 : Определение качественных показателей работы радиосети на основании моделирования с использованием данных радиомониторинга

Пример 3 : Обнаружение не санкционированных источников радиоизлучений с использование данных лицензионных передатчиков



Основные причины помех

- **Работа нелицензионных передатчиков**
- **Работа передатчиков с нарушением лицензионных параметров**
- **Расхождение теоретических расчетов ЭМС с практическими значениями помех**

IoT

5G

Lte

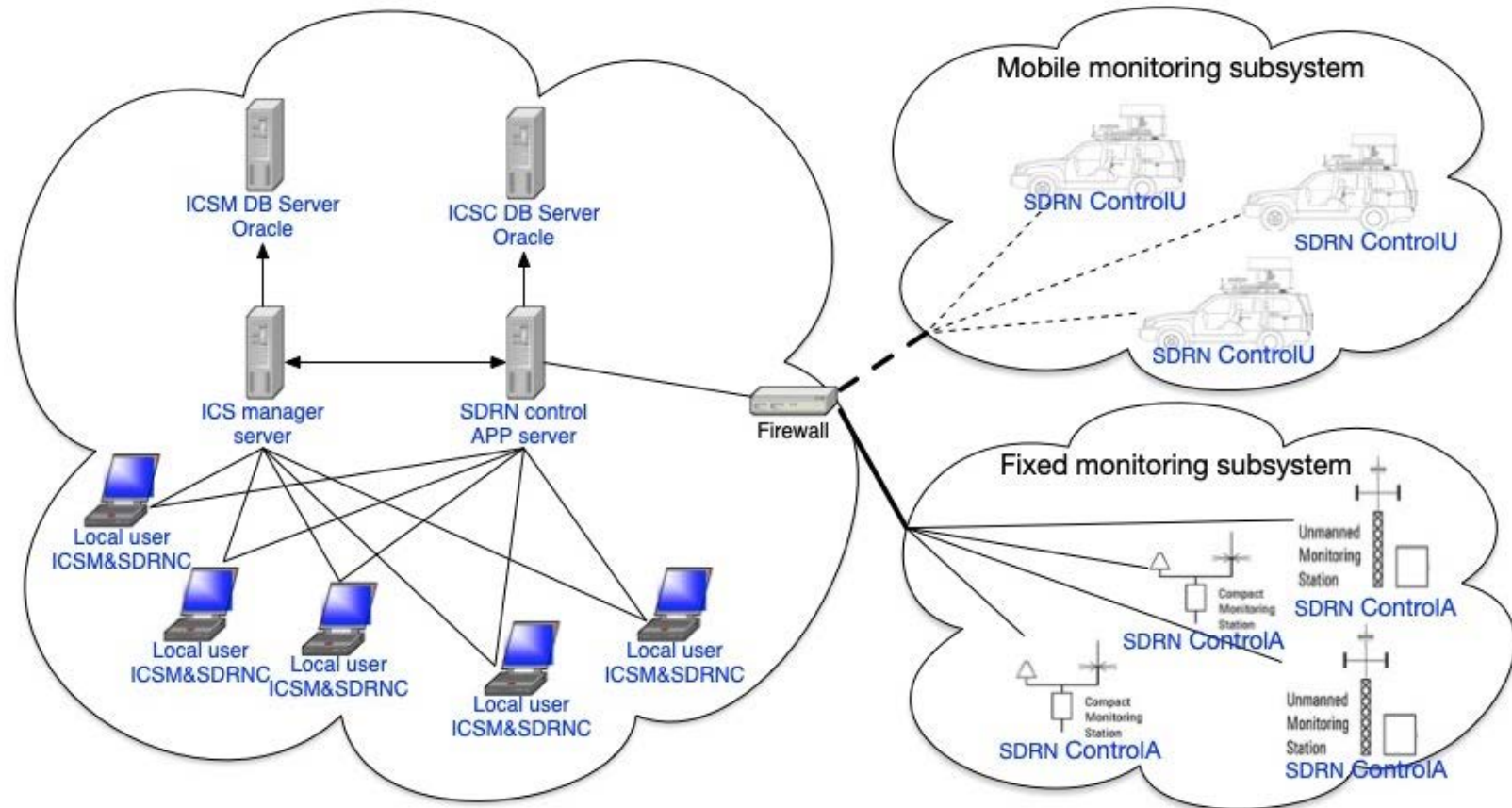


WiFi



Обработка данных измерений
радиомониторинга с целью практического
использования для минимизации помех

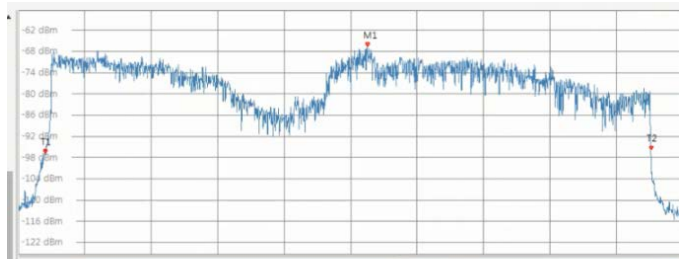
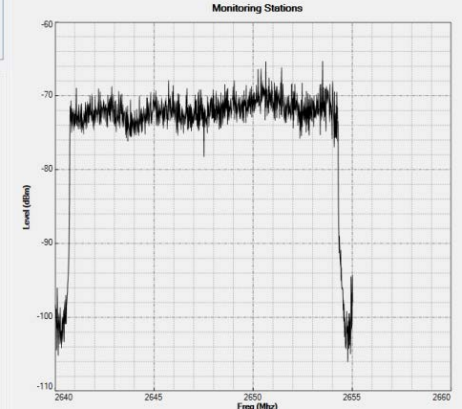
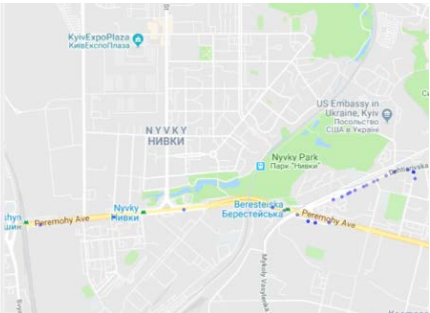
Структура сети мониторинга



Данные измерений системы мониторинга

- Спектры сигналов
- Результаты напряженности поля распределенные по территории
- Специфические (DF, TDOA, модуляция, IQ, Call Sign, данные служебных каналов)

Lon, DEC	Lat, DEC	Alt, m	Level, dBm	Level, dBm/Km	Time Meas	Centr. freq, MHz	Blw, MHz	Diff, T
30.390703	50.45763	178.4	-108.47	0	11/9/2018 5:07:11 PM	2647.5	-0.001	0
30.39641	50.458227	171.1	-108.95	0	11/9/2018 5:07:42 PM	2647.5	-0.001	0
30.40713	50.458167	172.3	-109	0	11/9/2018 5:08:12 PM	2647.5	15000	0
30.418302	50.458942	172.4	-113.78	0	11/9/2018 5:08:33 PM	2647.5	15000	0
30.419883	50.458896	170.5	-91.78	0	11/9/2018 5:09:16 PM	2647.5	15000	0
30.424968	50.457802	174.3	-117.95	0	11/9/2018 5:09:56 PM	2647.5	15000	0
30.423863	50.457719	181.4	-114.1	0	11/9/2018 5:10:27 PM	2647.5	15000	0
30.423402	50.45776	186.7	-114.86	0	11/9/2018 5:10:57 PM	2647.5	15000	0

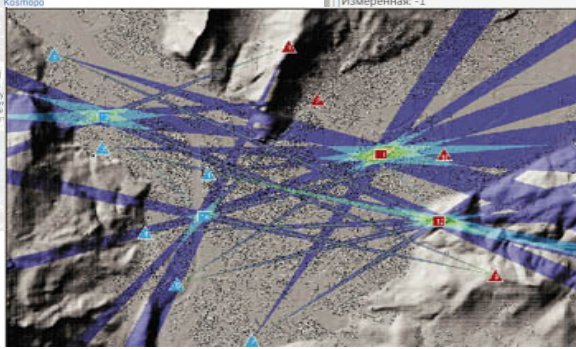


Маркер	Частота
M1	2.647875 GHz
T1	2.6406 GHz
T2	2.654278125 GHz

Напряженность поля
Измеренная: -1

```

MIB SIB1 SIB2
System Information Block 2
_SystemInformationBlockType2
radioResourceConfigCommon 13
rach_ConfigCommon 4
preamblesInfo 2
numberCRA_Preambles (12) n52
preambleGroupConfig 3
sizeORA_PreambleGroupA (6) n28
messageSizeGroupA (8) b56
messagePowerOffsetGroup8 (4) dB10
powerRampingParameters 2
powerRampingStep (1) dB2
preambleInitialReceivedTargetPower (8) dBm_104
ra_SupervisorsInfo 3
preambleTransMax (6) n10
ra_ResponseWindowSize (7) sT10
mac_ContentionResolutionTimer (7) s64
rachInfo_Mag3Tx 5
rach_Config_modificationPeriodCoeff n2
pucch_Config 2
defaultPagingCycle (2) n128
nb (2) oneT
prach_Config 2
rootSequenceIndex 380
prach_ConfigIndex 4
prach_ConfigIndex 6
highSpeedFlag (8) false
zeroCorrelationZoneConfig 12
prach_FreqOffset 6
pdusch_ConfigCommon 2
referenceSignalPower 18
p_b 1
pucch_ConfigCommon 2
    
```



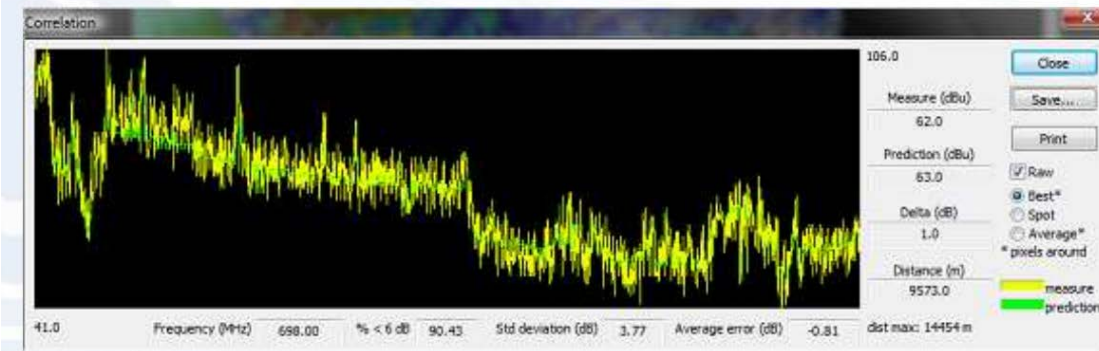
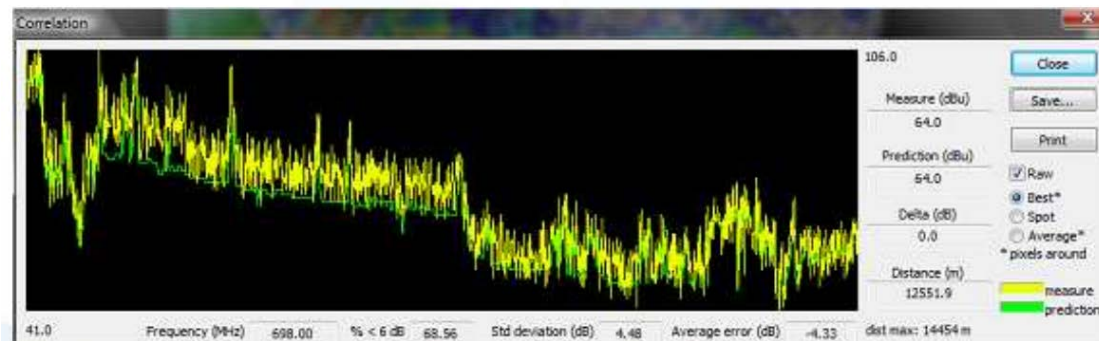
Настройка модели распространения

Производится сравнение измерений излучения “эталонных передатчиков” с теоретическим расчетом

Настраиваемые параметры

- Модель распространения
- Модель расчета дифракционного ослабления с соответствующими коэффициентами
- Ослабления в клаттерах

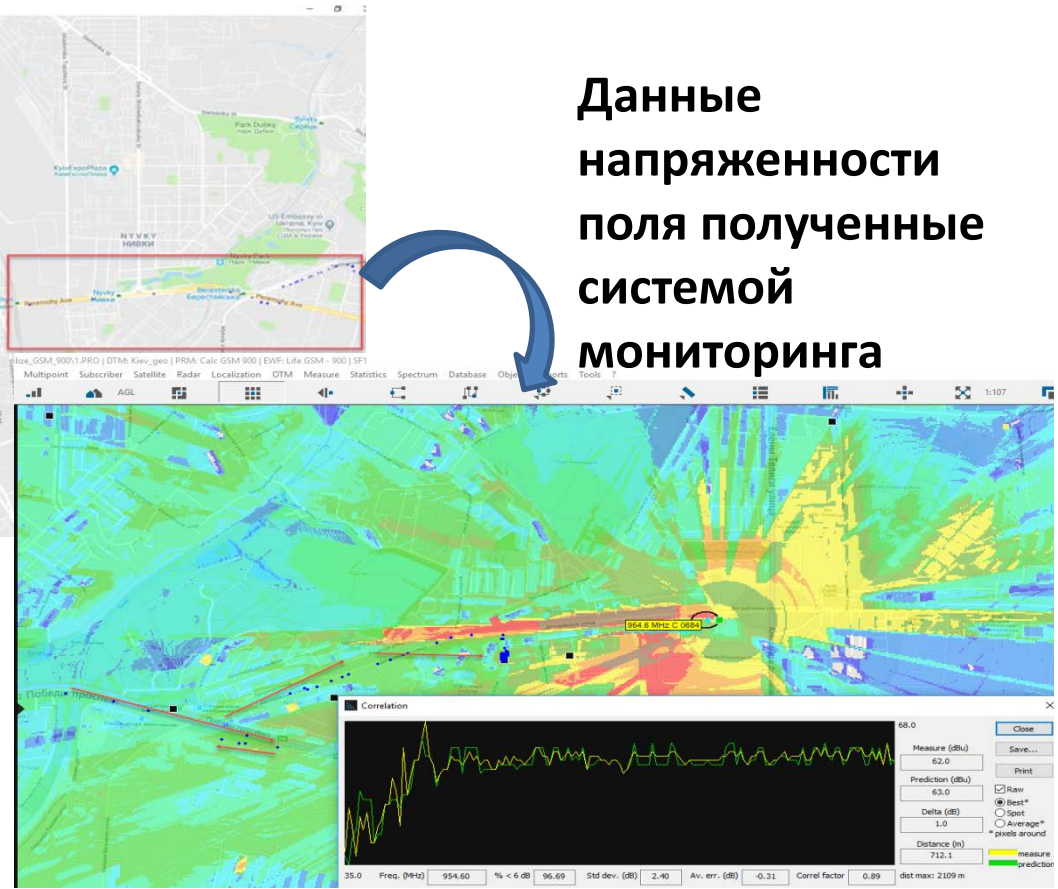
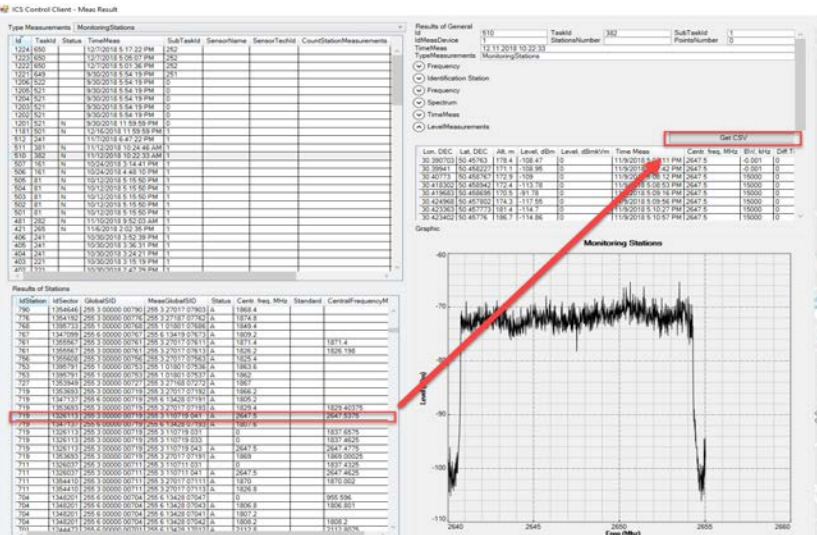
До настройки



После настройки



Корреляция результатов измерений и расчетов



Данные напряженности поля полученные системой мониторинга

Обработка результатов измерений с целью получения статистически релевантных данных



Определение отклонений в параметрах присвоений



**Измерения и расчеты совпадают
Заявленные характеристики
станции соответствуют
измеренным**



**Измеренная мощность станции не
соответствует заявленной**



**Азимут измеренной станции не
соответствует заявленному**

IoT

5G

lte



Определение места установки станции на основании измерений

Hybrid localization from measurements

Measurement file name: C:\DATA\maps\yiv_ics_telecom_5m20190205\Measure.csv

Generic format: X[separator]Y[separator]FS[separator]AOA (deg)<CR>

Measurement file settings

Separator: ; X and Y are inverted

Coordinate code: 4DMS

Number of values: 278

Move measurements on vector line

Use vector polygon(s) as mask

Set clutter to 0 on measurement point

Add measurement to vector layer

Processing

RSSI only AOA only

AOA + RSSI / AOA or RSSI

Homing (AOA) Homing (AOA + RSSI)

Tolerance margin (max - n) (dB): 1

Distance discrimination (meas. pts) (m): 10.0

Clutter filter (target transmitter location)

<input checked="" type="checkbox"/> 0 open	<input checked="" type="checkbox"/> 10 open
<input checked="" type="checkbox"/> 1 open	<input checked="" type="checkbox"/> 11 open
<input checked="" type="checkbox"/> 2 inland water	<input checked="" type="checkbox"/> 12 open
<input checked="" type="checkbox"/> 3 forest	<input checked="" type="checkbox"/> 13 build 6 st
<input checked="" type="checkbox"/> 4 recreation	<input checked="" type="checkbox"/> 14 build 6 st
<input checked="" type="checkbox"/> 5 airport	<input checked="" type="checkbox"/> 15 build 18
<input checked="" type="checkbox"/> 6 open	<input checked="" type="checkbox"/> 16 build 32
<input checked="" type="checkbox"/> 7 open	<input checked="" type="checkbox"/> 17 build 46
<input checked="" type="checkbox"/> 8 open	<input checked="" type="checkbox"/> 18 build 55
<input checked="" type="checkbox"/> 9 open	<input checked="" type="checkbox"/> 19 build 55+

Bearing measurement

RMS (deg): 0.5

RSSI measurement

Conversion to dBu (+dB): 0

Min range (measurement): 0

Max range (measurement): 124

Tolerance (measure - prediction) (dB): 3

Threshold (dBu/m): 10.00

Meas. Rx antenna (m): 10.00 AGL ASL

LOS calculation only

Measurement file cases:

IFFS, RSSI localization will be performed

If AOA and FS, RSSI localization sector limited (AOA+RSSI)

If AOA only, DF localization (AOA+RMS)

If Homing, AOA = measurement azimuth+RMS

Add localized point(s) on the map

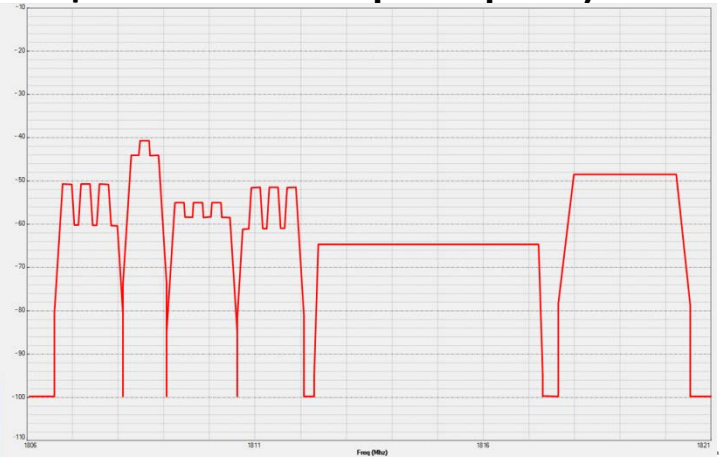
ПО ATDI позволяет определить место расположения станции на основании измеренного уровня сигнала методом RSSI и проверить его соответствие лицензионному, указанному в референс БД



Расчет реферативного спектра в точках карты

На основании данных из лицензионной базы данных с уточненными параметрами производится расчёт уровня напряженности поля на откалиброванных моделях распространения в точках наблюдения и формируется реферативный спектр (огибающая спектра с уровнями, ожидаемыми при работе РЭС с лицензионными параметрами)

ID	Ident	Status	Application	Identification of Other ter...	Power	Tx lows...	Rx lowest highes...	Site name	Position Longit...	Ph...
1423743	0455	P	GSM-1800	0455	27.5103 dBW	-	-	Плоск Кув 124433	30.3652	50.1
1423741	0455	P	GSM-1800	0455	27.5103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск Кув 124433	30.3652	50.1
1423296	1893	P	GSM-1800	1893	27.5103 dBW	-	-	Плоск К00268-30	30.3635	50.1
1423295	1893	P	GSM-1800	1893	27.5103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск К00268-30	30.3635	50.1
1423204	1893	P	GSM-1800	1893	27.5103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск К00268-30	30.3635	50.1
1423014	1879	P	GSM-1800	1879	27.2103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск Кув 87602	30.3510	50.1
1423013	1879	P	GSM-1800	1879	27.2103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск Кув 87602	30.3510	50.1
1423009	1879	P	GSM-1800	1879	27.2103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск Кув 87602	30.3510	50.1
1422974	1863	P	GSM-1800	1863	27.2103 dBW	-	-	Плоск Кув 116976	30.3516	50.1
1422973	1863	P	GSM-1800	1863	27.2103 dBW	-	-	Плоск Кув 116976	30.3516	50.1
1422969	1863	P	GSM-1800	1863	27.2103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск Кув 116976	30.3516	50.1
1422907	1842	P	GSM-1800	1842	27.0103 dBW	-	-	Плоск 110236-30	30.3649	50.1
1422896	1842	P	GSM-1800	1842	27.0103 dBW	-	-	Плоск 110236-30	30.3649	50.1
1422893	1842	P	GSM-1800	1842	27.0103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск 110236-30	30.3649	50.1
1422881	1836	P	GSM-1800	1836	25.5103 dBW	-	-	Плоск Кув 115853	30.3728	50.1
1422880	1836	P	GSM-1800	1836	25.5103 dBW	-	-	Плоск Кув 115853	30.3728	50.1
1422879	1836	P	GSM-1800	1836	25.5103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск Кув 115853	30.3728	50.1
1422804	1792	P	GSM-1800	1792	27.5103 dBW	-	-	Плоск Кув 66599	30.3606	50.1
1422803	1792	P	GSM-1800	1792	27.5103 dBW	-	-	Плоск Кув 66599	30.3606	50.1
1422802	1792	P	GSM-1800	1792	27.5103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск Кув 66599	30.3606	50.1
1422801	1791	P	GSM-1800	1791	25.5103 dBW	-	-	Плоск Кув 117016	30.3716	50.1
1422800	1791	P	GSM-1800	1791	25.5103 dBW	-	-	Плоск Кув 117016	30.3716	50.1
1422796	1791	P	GSM-1800	1791	25.5103 dBW	MHz - 1850.2 MHz - 1784.8	-	Плоск Кув 117016	30.3716	50.1
1421661	0802	M	LTE-1800	0802	15.0206 dBW	MHz - 1862.5 MHz - 1767.5	-	Плоск Кув 108444	30.3630	50.1
1421660	0802	M	LTE-1800	0802	30.5206 dBW	MHz - 1862.5 MHz - 1767.5	-	Плоск Кув 108444	30.3630	50.1
1421659	0802	M	LTE-1800	0802	30.1206 dBW	MHz - 1862.5 MHz - 1767.5	-	Плоск Кув 108444	30.3630	50.1
1421658	0802	M	LTE-1800	0802	30.1206 dBW	MHz - 1862.5 MHz - 1767.5	-	Плоск Кув 108444	30.3630	50.1
1421657	0802	M	LTE-1800	0802	30.1206 dBW	MHz - 1862.5 MHz - 1767.5	-	Плоск Кув 108444	30.3630	50.1



Transceiver	Freq (MHz)	Power (dBW)	Bandwidth (MHz)	Modulation	Code Rate	Channel	Cell ID	Cell Type	Cell Name
0152-30	1875.0	-88.0	1.8	QPSK	0.125	1875.0	1875.0	1875.0	1875.0
0152-30	1875.0	-88.0	1.8	QPSK	0.125	1875.0	1875.0	1875.0	1875.0
0152-30	1875.0	-88.0	1.8	QPSK	0.125	1875.0	1875.0	1875.0	1875.0



Результаты использования данных системы мониторинга

Результатами использования данных, полученных от системы мониторинга являются :

- Откалиброванные модели распространения
- Уточненные параметры присвоений
- Идентификация фактов превышения реферативного спектра (обнаружение помех)
- Локализация источников излучений

Tx/Rx parameters: 1 MS#3=J9

General Patterns Channels Site Advanced

Type: Tx/Rx A (0) Signal: Generic (2) Status: In use

Tx/Rx

- Nominal power (W): 40
- Dynamic (dB): 0
- Tx ant gain (dB): 17.50
- Rx ant gain (dB): 17.50
- Losses (dB) tx: 3.00 rx: 0.00
- Tx add losses (dB): 0.00
- E.I.R.P (W): 1127.353
- Frequency (MHz): 1847.500000
- Antenna height (m): 9.00
- Tx bandwidth (kHz): 5000.00
- Rx bandwidth (kHz): 5000.00

Coverage

none

QOB (dBW/MHz)

- Variable power
- Fixed power
- Fixed frequency
- Freq Hop / WB
- Variable elevation
- Fixed elevation

Antenna database none

Diameter or size (m): 0.0 Aperture (°): 66.00

Crossover distance between near and far fields (m): 0.0

Horizontal pattern -90 Vertical pattern +90

Antenna: NSMA antenna H+V (2 polarizations + XPD)

Path: C:\ATDI\VCS telecom EV xe4\Base\RFPE\000040SF10.ADW

Save .TRX Load .TRX 3D creation... Modify cov

Propagation models

Deterministic model from about 30 MHz to 350 GHz

Free space loss + Min [Diffraction, Traps, Ducting, Reflectors, Absorption] attenuation + Attenu

Propagation losses

- Near field calculation
- Free space loss

Diffraction geometry

- Deygout 94
- Deygout 66
- Deygout 91
- Bulington
- Delta Bulington
- ITU-R 526, round mask
- ITU-R 526, cylinders
- No diffraction loss
- Lateral diffraction (LTD)
- Power correction (angle)
- Spherical wave

Subpath attenuation

- Fresnel integrals
- Standard
- NO 91 method
- Coarse integration
- Fine integration
- Fine antenosed

3D reflections

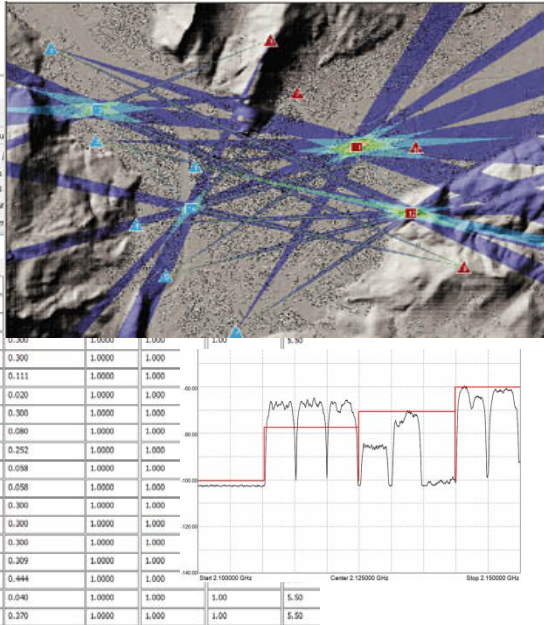
- Multipath
- Reflection dist. limit (m): 20000
- Elevation filter > (m): 0
- Default coefficient: 0.300

Clutter parameters

Clutter code	Name	dB/km	dBm	Clutter height
0	open	0.0	0.0	0
1	urban 6 m	300.0	5.0	6
2	urban 9 m	300.0	5.0	9
3	urban 12 m	300.0	10.0	12
4	urban 15 m	300.0	10.0	15
5	hydro	0.0	0.0	0
6	urban 21 m	300.0	10.0	21
7	urban 30 m	300.0	10.0	30
8	urban 33 m	300.0	10.0	33
9	urban 36 m	300.0	10.0	36
10	urban 39 m	300.0	15.0	39
11	urban 42 m	300.0	15.0	42
12	urban 45 m	300.0	15.0	45
13	urban 48 m	300.0	15.0	48
14	urban 51 m	300.0	15.0	51
15	urban 54 m	300.0	15.0	54

Propagation methods

- ITU / FCC (empirical and half determ.)
- ITU-R 370 (30-1000 MHz)
- ITU-R 325/326-14 (9K)
- ITU-R 325/326-11
- ITU-R 1546-5 (30-3000 MHz)
- ITU-R 3812-4 (30-3000 MHz)
- ITU-R 463-16 (0.1-50 GHz)
- ITU-R 462-14 (0.1-50 GHz)
- ITU-R 1147-4 (150-1700 MHz)
- ITU-R 368-9 (18 kHz-30 MHz)
- ITU-R 2094-1 (5-6)
- ITU-R 528-3 (0.1-100 MHz)
- ITU-R 2001-2 (30 MHz - 50 GHz)
- ITM NITA (20 MHz-20 GHz)
- JPPF / COST (empirical)
- Duxin
- JPPF-LTE urban (0.9-2 GHz)
- JPPF-LTE rural (0.9-2 GHz)
- SUF method (2.5-2.7 GHz)
- Okumura-Nata (150-1500 MHz)
- Nata - Cost 231 (150-2000 MHz)
- Extended nata (30-3000 MHz)
- Cost 231 open
- Wallach-Bergan (100-2000 MHz)



IoT

5G

Lte



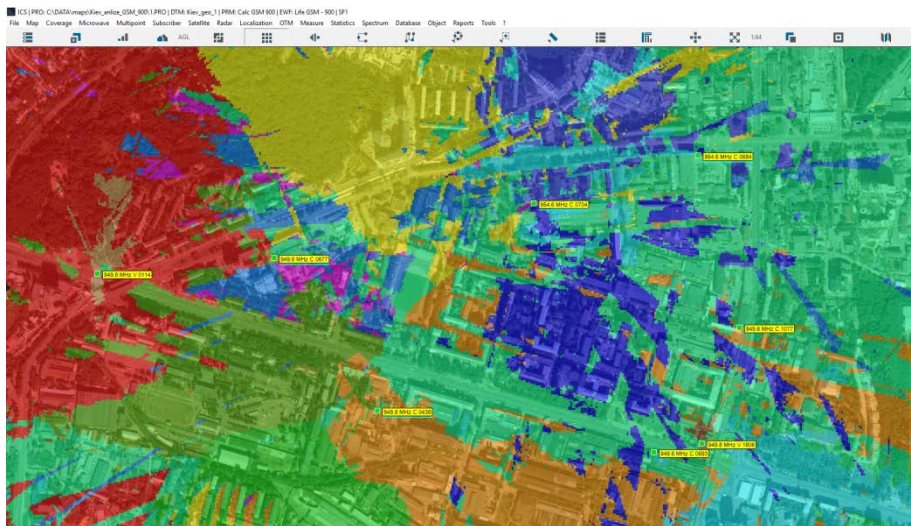
WiFi



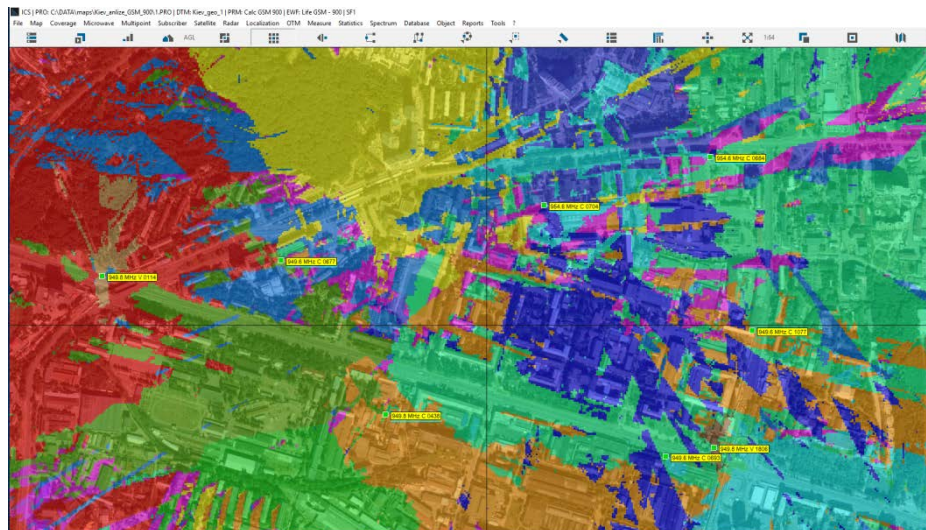
Пример 1 : Расчет ЭМС с использованием
данных радиомониторинга

Уточненный расчет ЭМС (в режиме покрытие)

Теоретический расчет ЭМС без использования данных мониторинга

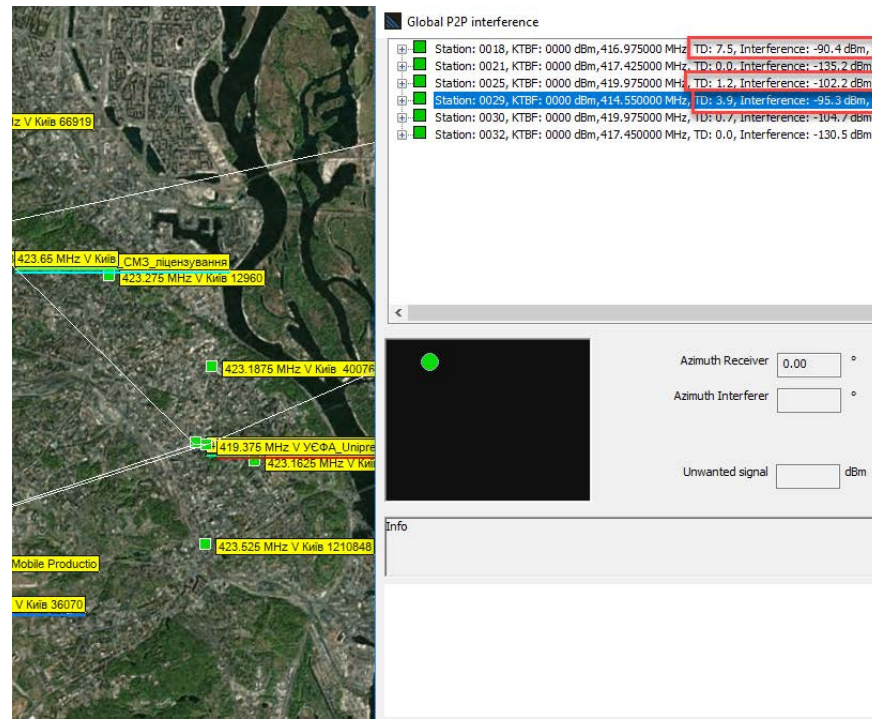
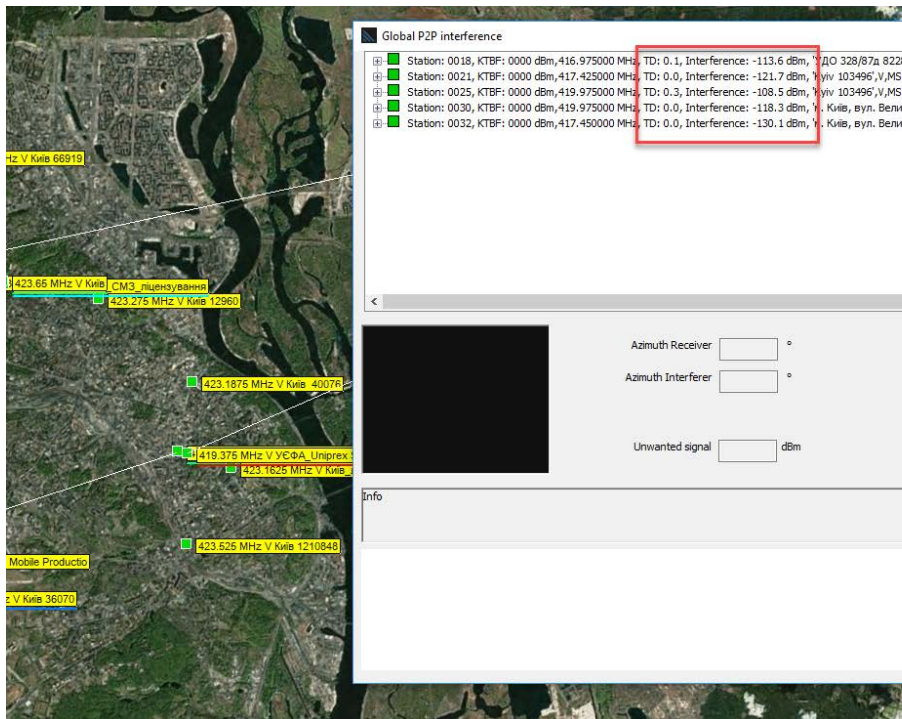


Расчет ЭМС с использованием данных мониторинга



Розовым цветом помечены точки карты, подвергнутые помехам
 Расчет ЭМС (правый рисунок) максимально приближен к реальности, так как выполнен с помощью настроенных моделей распространения, и с учетом предварительно определенных реальных параметров передатчиков

Уточненный расчет ЭМС (в режиме точка точка)



Расчет ЭМС (правый рисунок) с реальными параметрами позволяет определить наличие четырех источников помех, которые были упущены при выполнении теоретического расчета (левый рисунок)

IoT

5G

Lte



WiFi



Пример 2 : Определение качественных показателей работы радиосети и расчёт эффективности использования радиочастотного ресурса с использованием данных радиомониторинга

IoT

5G

lte



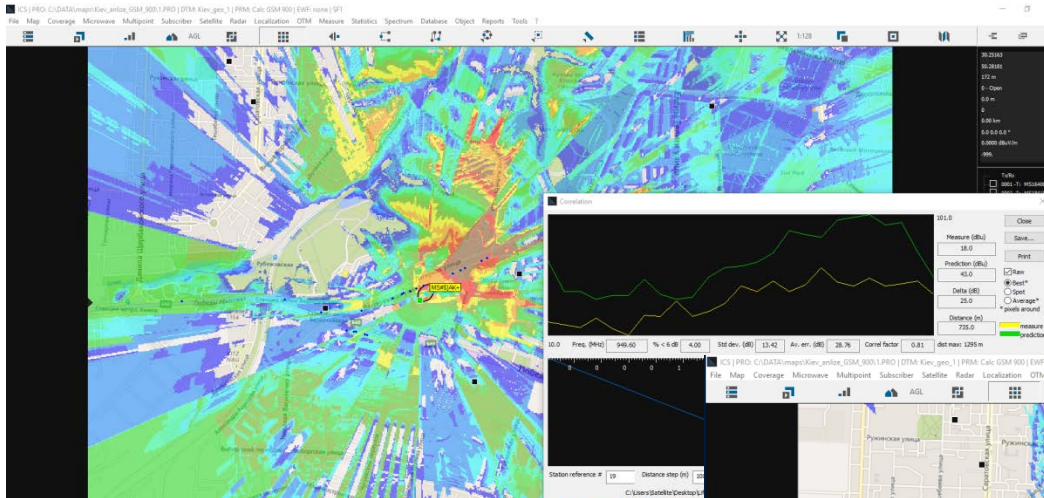
WiFi



Маршрут движения комплекса мониторинга

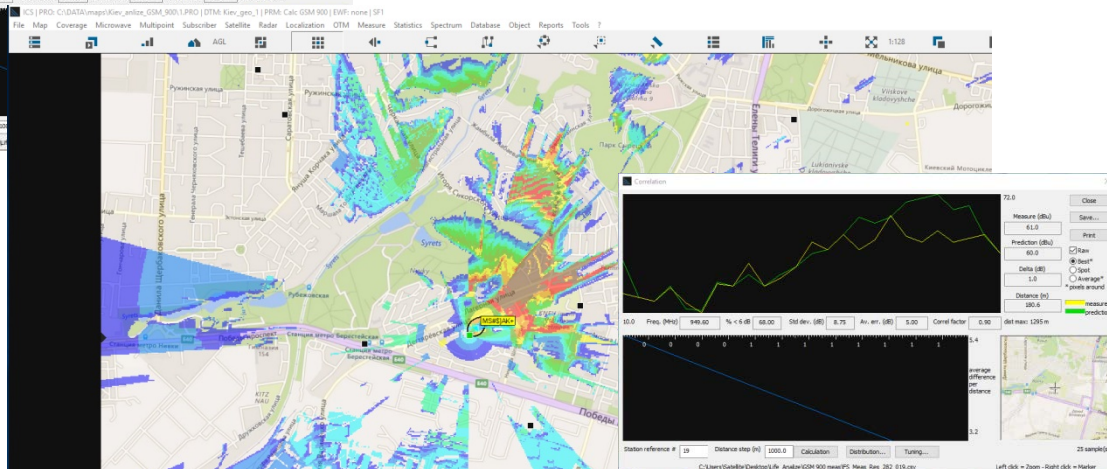


Расчет покрытия сети после уточнения параметров станций



Теоретическое покрытие сектора БС

Покрывтие, рассчитанное после уточнения параметров станций (на основании функций приведенных выше) и настройки модели распространения

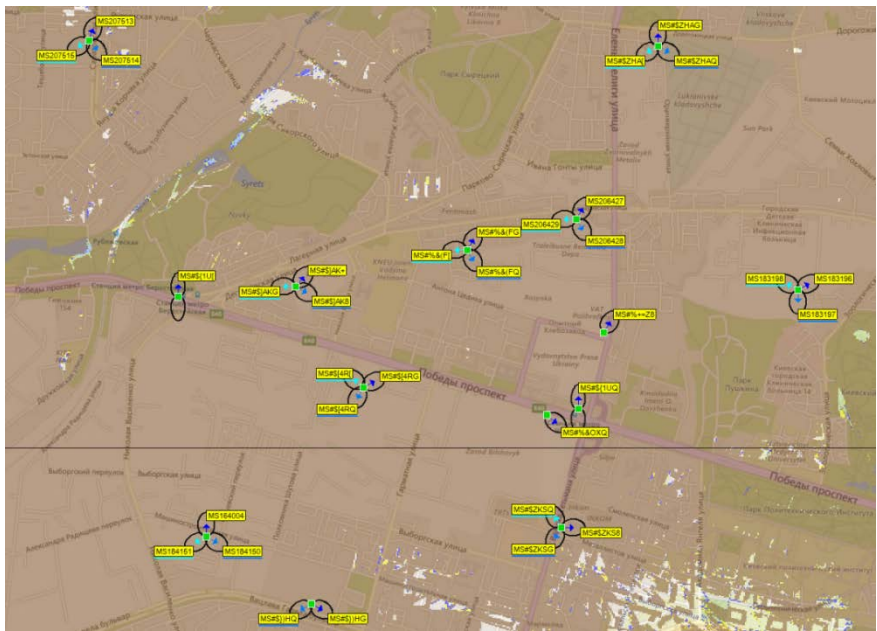


Построение карты Network Availability



Расчет с теоретическим значением Rx_Lev_Access_Min

Network Availability = 99.66%



Расчет с учетом данных служебного канала (с реальным значением Rx_Lev_Access_Min) и с уточненными параметрами станций

Network Availability = 95.13%

IoT

5G

Lte



WiFi

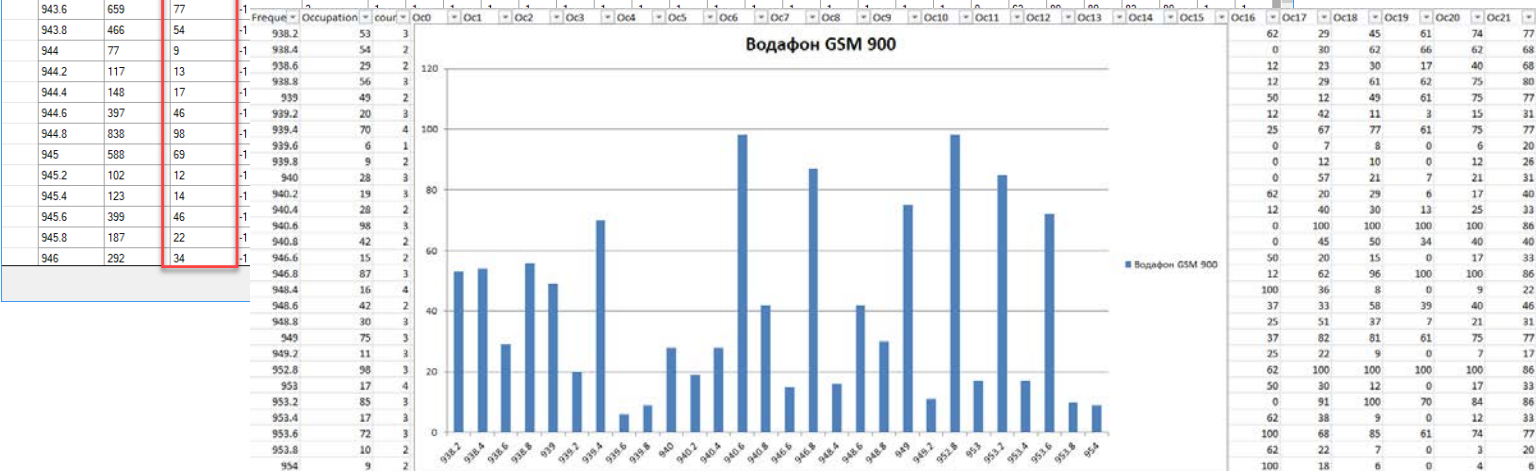


Расчёт эффективности использования радиочастотного ресурса

Measurement results

Frequency MHz	Htt	Occupation	StationIDs	count	Station	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
940.2	169	19	-1/2046	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	62	20	29	6	17	40	-1	-1
940.4	241	28	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	12	40	30	13	25	33	-1	-1
940.6	835	98	-1	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	100	100	100	100	86	-1	-1
940.8	360	42	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	45	50	34	40	40	-1	-1
941	15	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	6	0	0	0	0	-1	-1
941.2	583	68	-1	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	64	75	61	74	80	-1	-1
941.4	534	62	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	30	64	87	77	68	-1	-1
941.6	57	6	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	6	9	0	7	20	-1	-1
941.8	213	25	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	36	27	9	23	33	-1	-1
942	627	73	-1	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	79	80	61	75	77	-1	-1
942.2	289	34	-1	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	12	15	32	61	31	33	-1	-1
942.4	835	98	-1	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	12	100	100	100	100	84	-1	-1
942.6	102	12	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	75	13	10	0	15	31	-1	-1
942.8	302	35	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	62	36	51	32	25	22	-1	-1
943	711	83	-1	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	100	94	92	68	78	77	-1	-1
943.2	591	69	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	62	56	83	63	76	77	-1	-1
943.4	386	45	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	47	52	40	45	37	-1	-1
943.6	659	77	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1

На основании статистической обработки данных измерений рассчитывается процент времени занятости частотных каналов в соответствии с лицензионной базой данных



IoT

5G

Lte



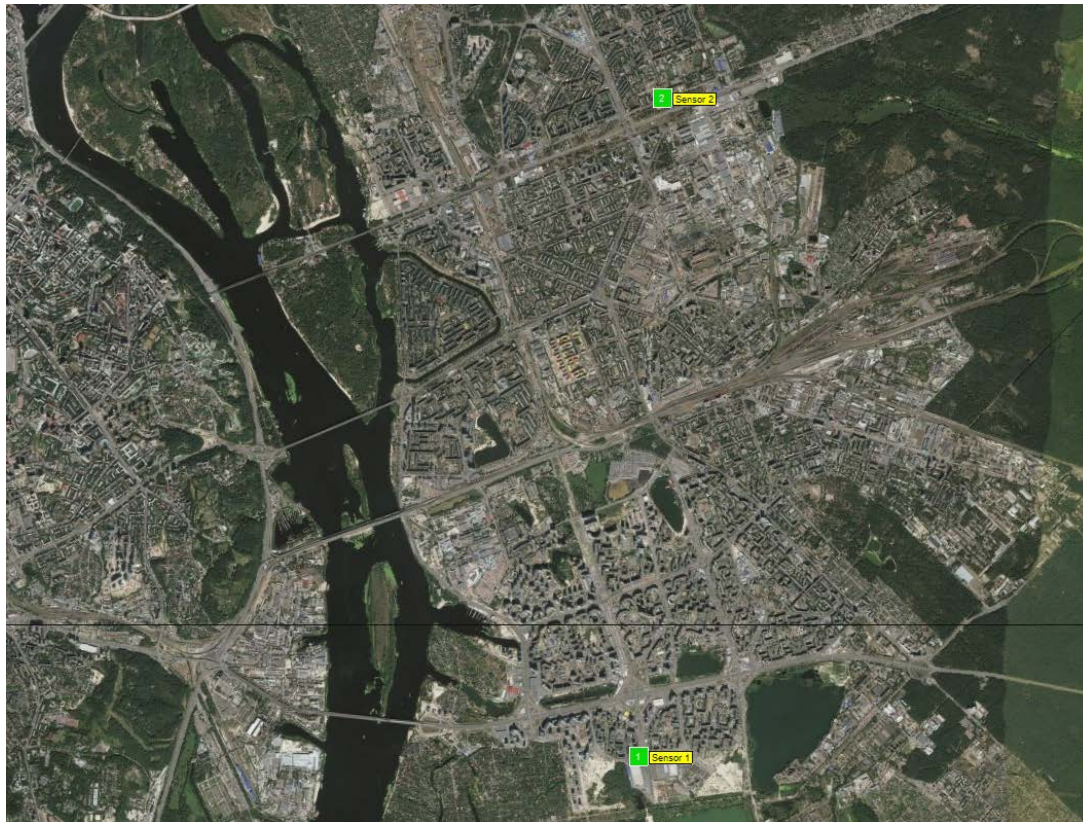
WiFi



Пример 3 : Обнаружение не санкционированных источников радиоизлучений с использованием данных лицензионных передатчиков

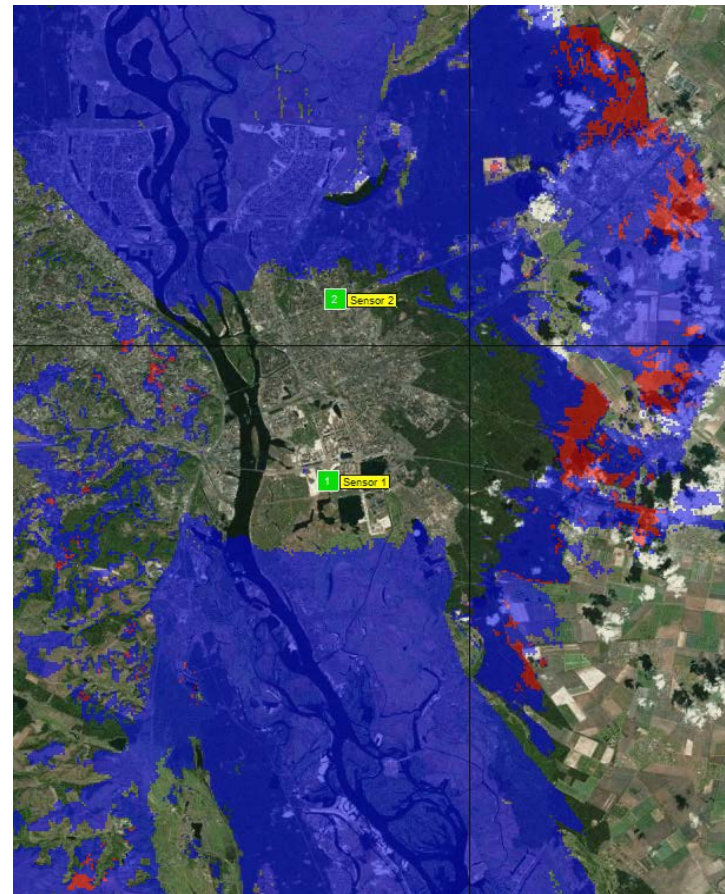
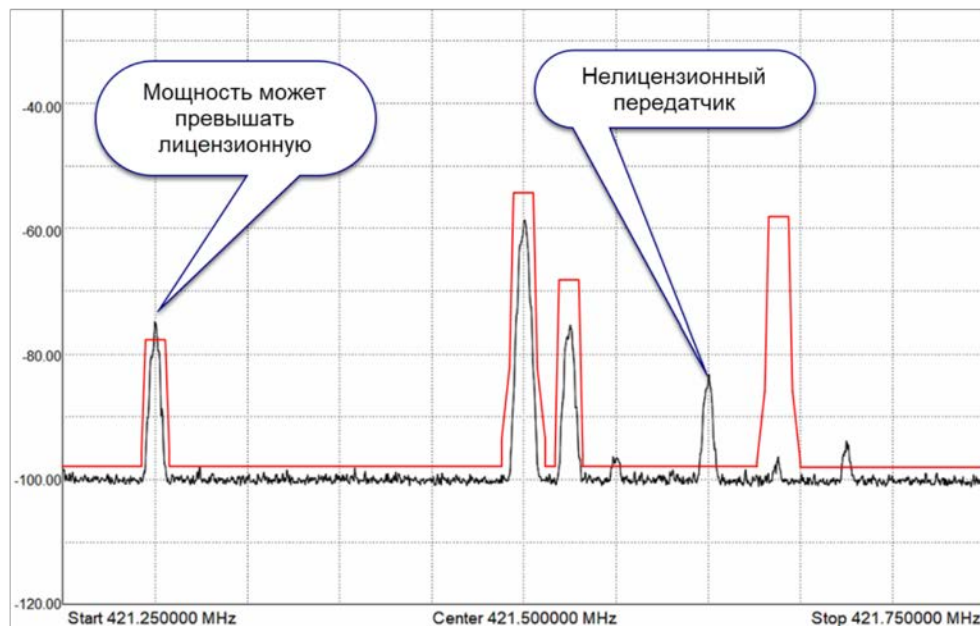
Расположение сенсоров (Киев)

Сенсор построен на
базе SDR
приемника BB60C
компании
Signal hound



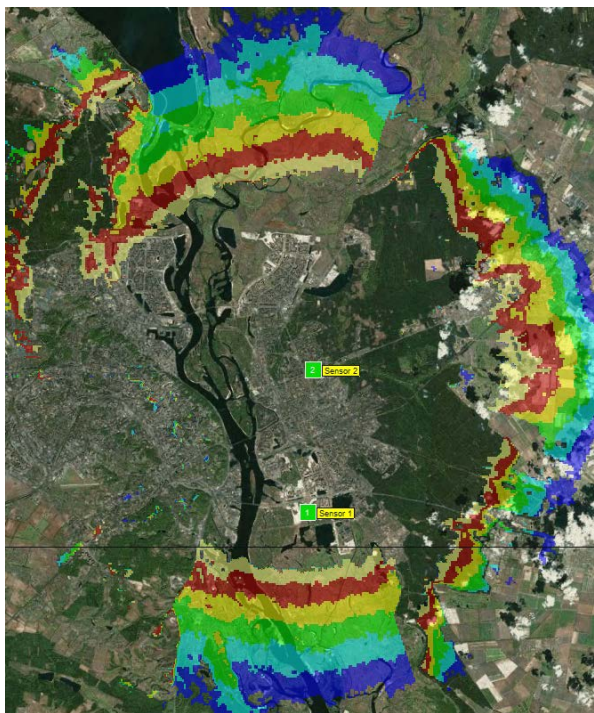
Пример 1 : Диапазон 410 - 430МГц

Обнаружение нелицензионного передатчика (нет в БД регулятора)
Использование метода RSSI для поиска его местоположения

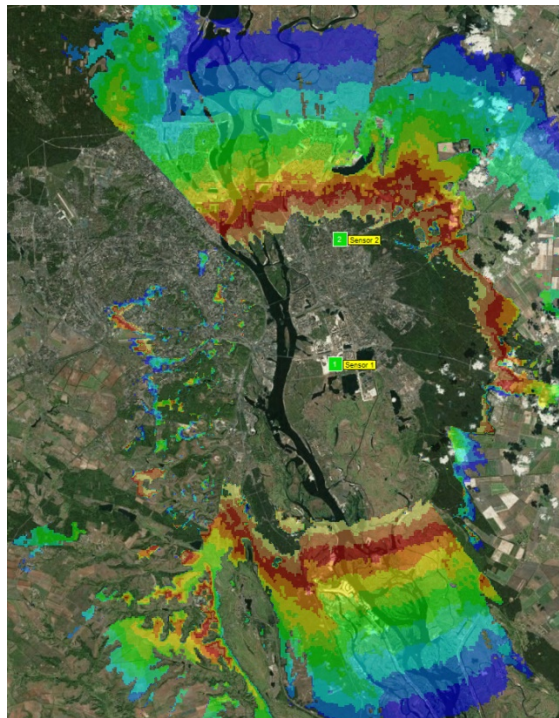


Использование метода RSSI для поиска месторасположения

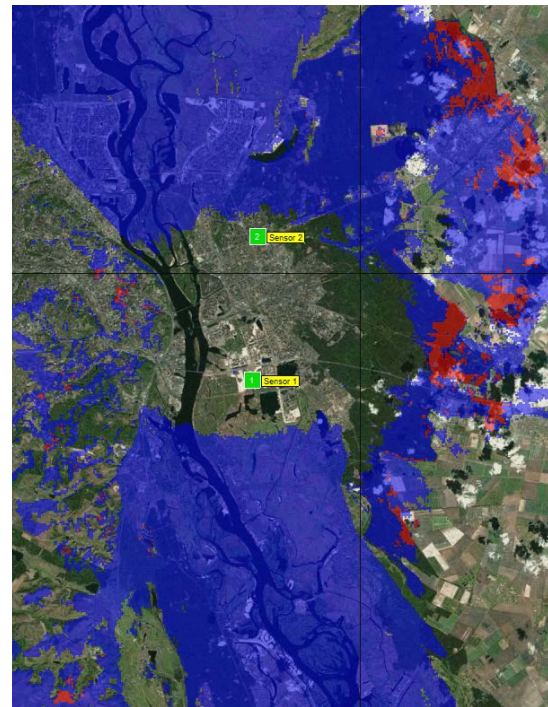
Промежуточные этапы обнаружения нелегального передатчика с помощью метода RSSI
Карты вероятности местоположения на базе измерений сенсора



Сенсор 1



Сенсор 2



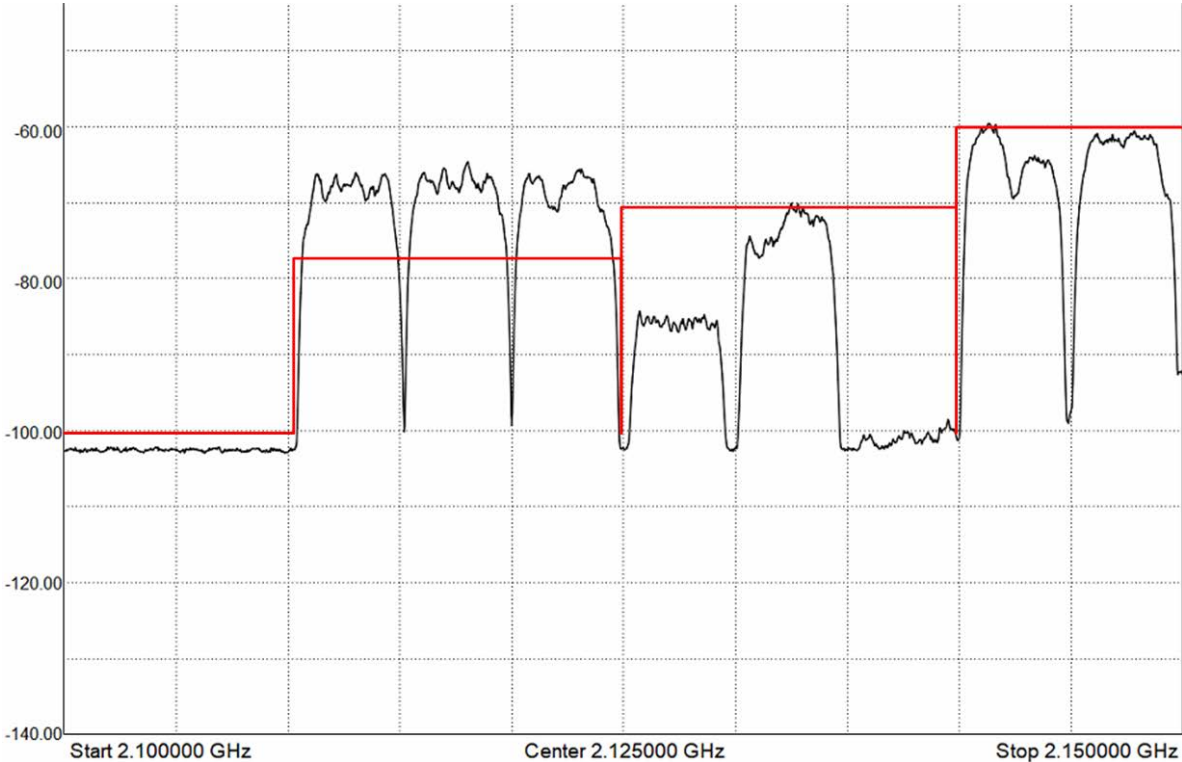
Красная зона = Сенсор 1
+ Сенсор 2

Пример 2 : Диапазон 2100-2180МГц (UMTS)

На частотах 2112.8, 2117.6, 2122.4 МГц уровень сигнала больше реферативного значения следовательно либо нарушены лицензионные параметры либо оператор установил, но не лицензировал станцию



Распределение уровня сигнала 2112.8



IoT

5G

Lte



LLC ATDI Eurasia

125009 г.Москва Кузнецкий Мост 4/3 стр.1

тел/факс +7 (495) 189 70 63

eurasia@atdi.ru

www.atdi.com

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ