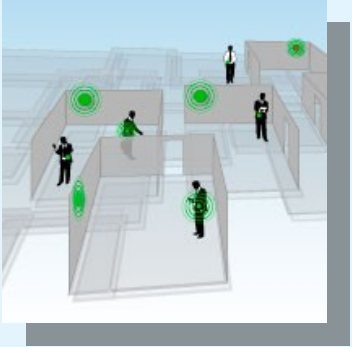


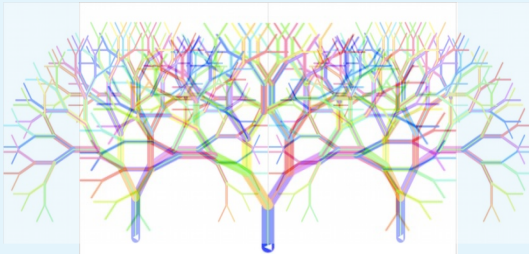
Цель работы

- ПО для позиционирования в помещениях



Задача

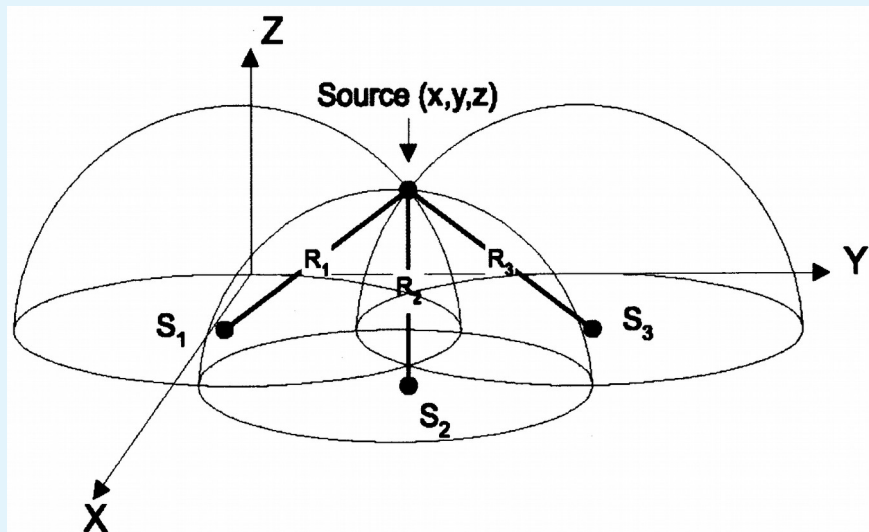
- Использование метода машинного обучения



Инструментарий



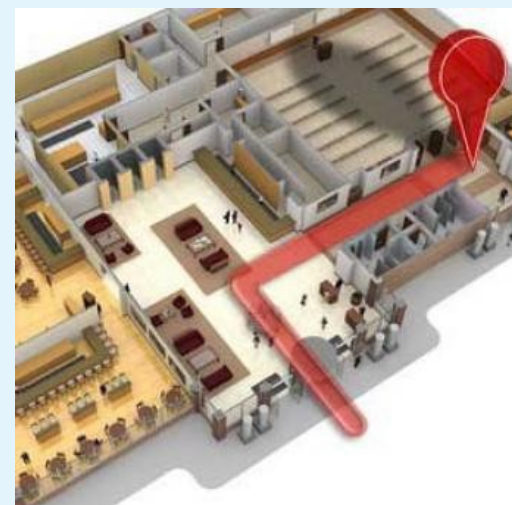
Позиционирование в помещениях



$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = S_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = S_2^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 = S_3^2 \end{cases}$$

Ограничения:

- Необходимость синхронизации времени на всех БС и МУ
- Сложные алгоритмы определения местоположения МУ



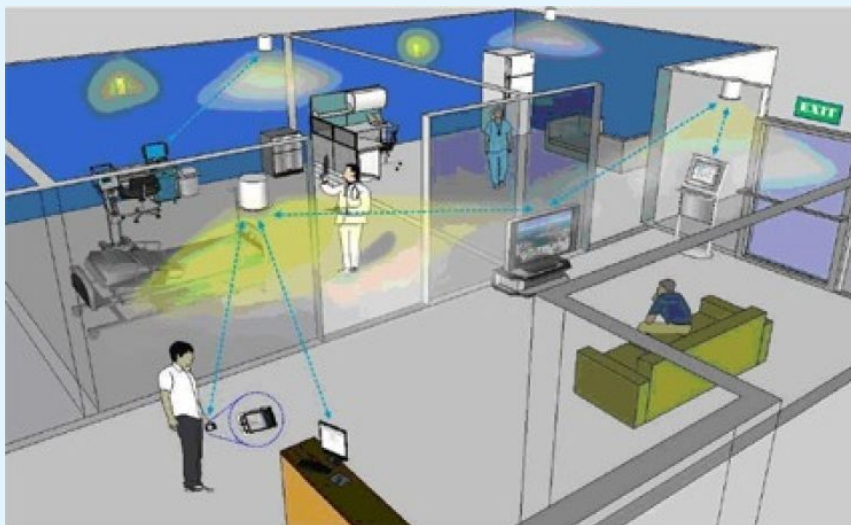
Существующие решения



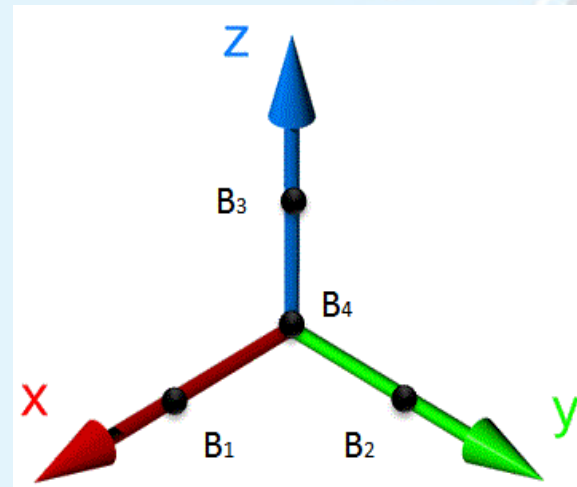
Решения на базе беспроводной технологии Bluetooth с низким энергопотреблением BLE*

*(BLE - Bluetooth Low Energy)

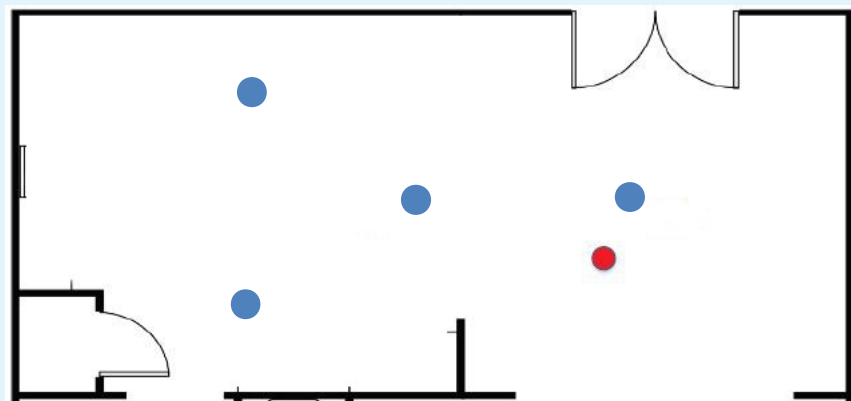
Indoor позиционирование



помещение площадью 10x25x50м



БС B_1 - B_3 равноудалены друг от друга относительно B_4 на 10м



- Базовая станция (БС)
- Мобильное устройство (МУ)

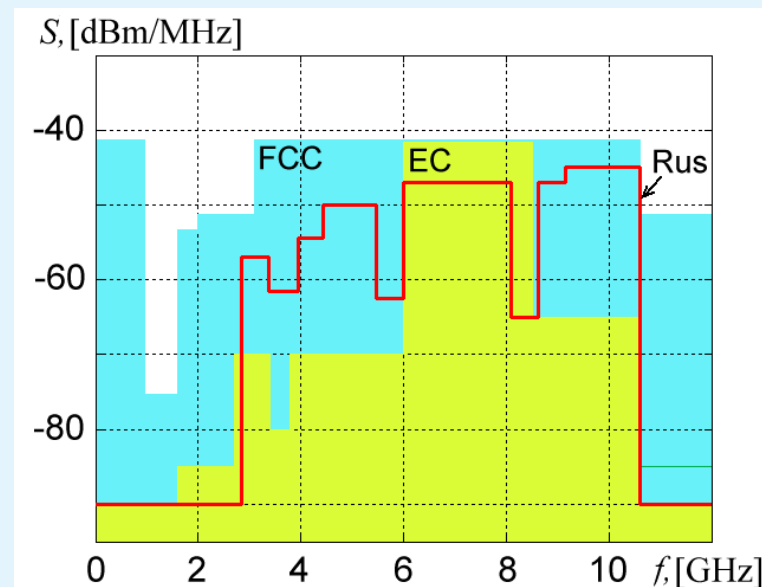
Правовой аспект использования UWB в РФ

Государственная комиссия по радиочастотам от 07.05.2007 №
07-20-03-001 «О выделении полос радиочастот устройствам
малого радиуса действия»

- Безлицензионное использование
сверхширокополосного (UWB)
диапазона **2,85...10,6 ГГц**

- Ограничения на мощность
сигнала **-65...-45 дБм/МГц***

*дБм – единица уровня мощности на 1мВт

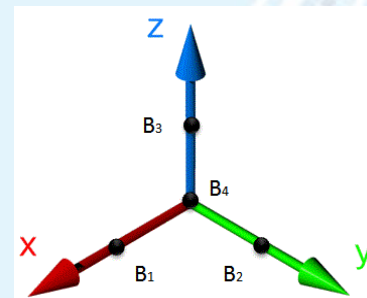


Математический подход к решению

- Попытка линеаризовать систему уравнений трех

сфер с радиусом S

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 = S_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = S_2^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 = S_3^2 \end{cases} \quad (1)$$



постоянные значения расстояния между БС:
 $B_1(0,0,10)$; $B_2(10,0,0)$; $B_3(0,10,0)$

$$\begin{cases} (x - 10)^2 + (y - 0)^2 + (z - 0)^2 = S_1^2 \\ (x - 0)^2 + (y - 10)^2 + (z - 0)^2 = S_2^2 \\ (x - 0)^2 + (y - 0)^2 + (z - 10)^2 = S_3^2 \end{cases} \quad (2)$$

- метод сложен в реализации
- требователен к вычислительным ресурсам

$$\begin{cases} z - y = \frac{S_2^2 - S_3^2}{20} \\ y - x = \frac{S_2^2 - S_1^2}{20} \\ z - x = \frac{S_2^2 - S_1^2}{20} \end{cases} \quad (3)$$

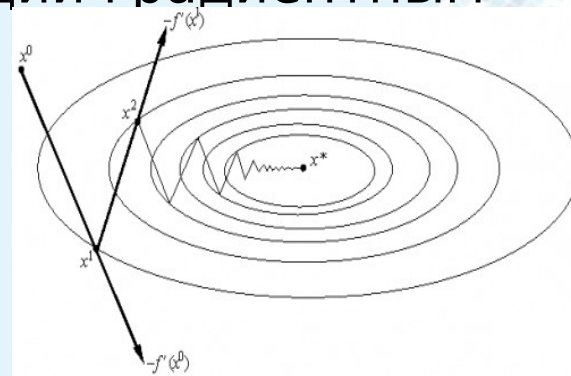
Математический подход к решению

- Попытка многомерной минимизации градиентным методом

$\Delta X(\alpha) = -\alpha J(\vec{X}_i)^T F_0$ – вычисляется антиградиент

$\Delta X(0,05) = 3125$ – градиент начальной точки

$\alpha = 0.05$ – длина шага



$F_0 = F(X_0)$ – вектор значений функций в исходной точке;

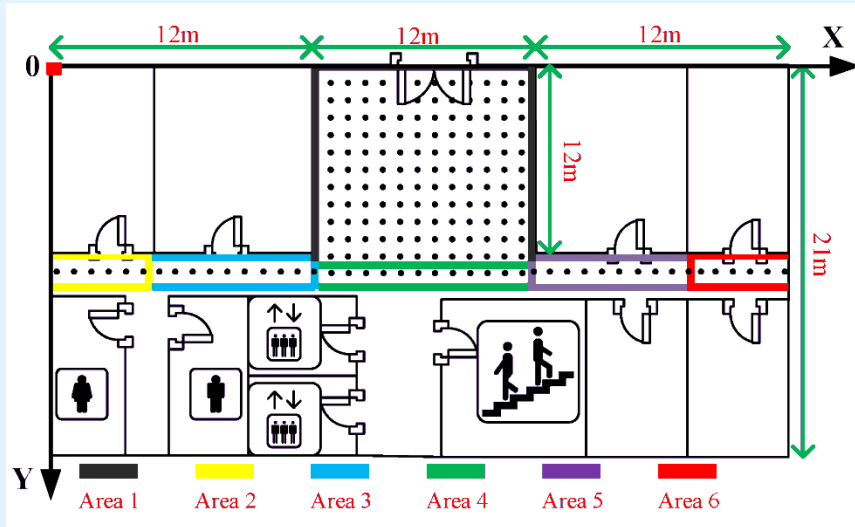
$\Delta X = X - X_0$ – расстояние от текущего приближения до i -той точки;

- Чувствителен к выбору шага α
- Медленная сходимость в конце

$$J(\vec{X}_i) = \begin{bmatrix} \frac{df_1}{dx} & \frac{df_1}{dy} & \frac{df_1}{dz} \\ \frac{df_2}{dx} & \frac{df_2}{dy} & \frac{df_2}{dz} \\ \frac{df_3}{dx} & \frac{df_3}{dy} & \frac{df_3}{dz} \end{bmatrix} \text{ – матрица Якоби}$$

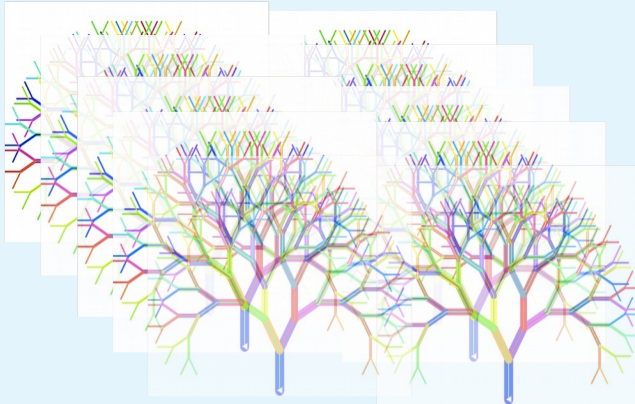
Машинное обучение в задаче

- Fingerprinting localization (метод радио отпечатков)



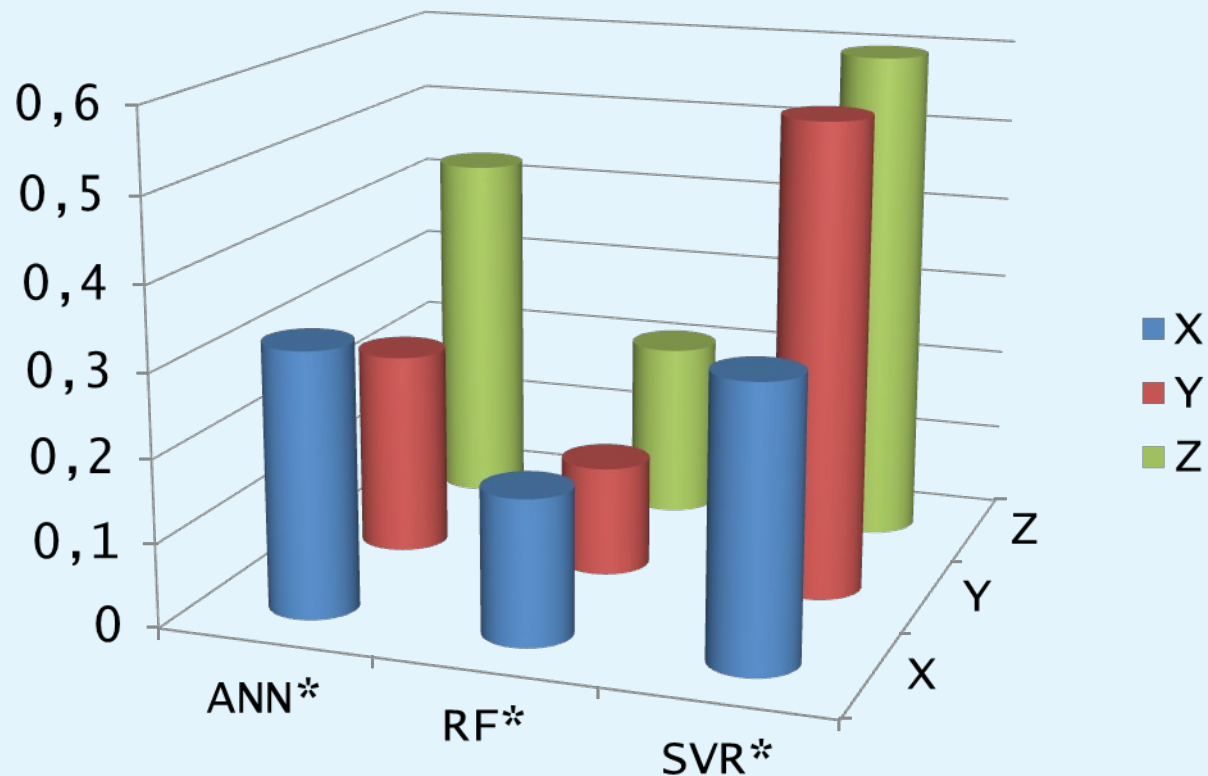
идентификация объектов в заранее построенной карте уровней сигналов в помещении

- Random Forest (алгоритм Случайного леса)



ансамбль множества решающих деревьев, ответы которых усредняются

Сравнение алгоритмов машинного обучения

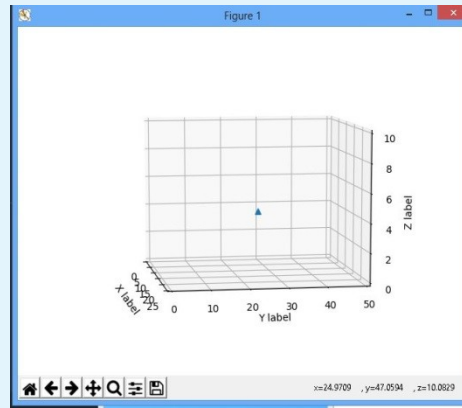
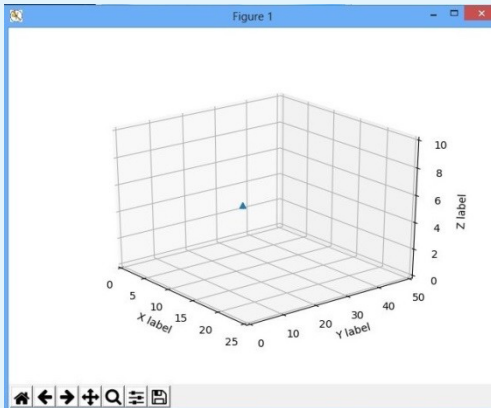


*ANN - Artificial Neural Network (Искусственная нейронная сеть)
*RF - Random Forest (Случайный лес)
*SVM - Support vector machine (Метод опорных векторов)

Результат работы программы

- ввод произвольных расстояний

```
C:\python>python c:/python/Position_plots.py
Enter X dist, Y dist and Z dist in range of(0-100)
X dist: 844
Y dist: 394
Z dist: 884
Compute? Y/n :y
█
```



- визуально, это точка с координатами (6,28,4)

data10_25_50_Sphere.txt - Notepad

6.000000	28.500000	4.000000	844.250000	394.250000	884.250000
6.000000	28.500000	4.500000	848.500000	398.500000	878.500000
6.000000	28.500000	5.000000	853.250000	403.250000	873.250000
6.000000	28.500000	5.500000	858.500000	408.500000	868.500000
6.000000	28.500000	6.000000	864.250000	414.250000	864.250000
6.000000	28.500000	6.500000	870.500000	420.500000	860.500000
6.000000	28.500000	7.000000	877.250000	427.250000	857.250000
6.000000	28.500000	7.500000	884.500000	434.500000	854.500000
6.000000	28.500000	8.000000	892.250000	442.250000	852.250000

- действительные значения

Заключительные выводы

- Ни один из представленных методов не дает определение с высокой точностью
- Дальнейшие работы по устранению проблем с зашумленными входными данными
- Работоспособные решения с уклоном в сторону энергоэффективности и точности данных
- Продвижение решений в пользу персонального использования

