

## Лабораториска вежба 1 – Сензорски системи

Во рамки на првата лабораториска вежба изработив програма за локализација на јазли во безжична сензорска мрежа (во 2D и 3D) со употреба на техниката на трилатерација.

Програмата како влезни аргументи ги прима следниве аргументи:

- N - број на јазли во мрежата
- L – должина на областа каде е дистрибуирана мрежата,

Кои се фиксни и имаат вредност 100 (N = 100, L = 100). Како и аргументите:

- R - радио опсег, кој се движи од 20 до 50, така што се зголемува за чекор 5.
- r – шум на сигналот, кој може да биде рандом процент во рамки [-10%, 10%]
- f – фракција (процент) на anchor јазли, чија вредност се движи од 20 до 40, така што се зголемува за чекор 5.

Поради прецизност на резултатите, програмата на локализација на јазлите во сензорската мрежа ги опфаќа сите комбинации на R и f во рамки на нивните дозволени вредности (1. R = 20, f = 20, 2. R = 20, f = 25, R = 20, f = 30, R = 20, f = 35, R = 20, f = 40, итн. за R = 25, 30, 35, 40, 45, 50).

Исто така за поголема прецизност на графиците, секоја точка од графикот е average од резултати добиено со локализација на јазли на 15 сензорски мрежи со различни рандом топологии.

За изработка на програмата го користев програмскиот јазик Java, каде главната програма е сместена во класата со име TrilaterationProgram каде се генерира и извршува локализација на јазлите на сензорска мрежа во 2D и 3D со употреба на трилатерацијата со неитеративен алгоритам (NA) и итеративен алгоритам (IA) со двете хевристики:

1. Евристика 1: користејќи 3 најблиски анхор јазли
2. Евристика 2: користејќи 3 најрелевантни анхор јазли.

За чување на позицијата на одреден јазел, како и информациите: дали е anchor јазел, колкаво е растојанието од него до тој моментално што се обработува и листа од неговите anchor јазли, колкав е неговиот степен за Евристика 2. креирав класи Point и Point3D (за 3D имплементацијата).

```
public class Point {  
    public double x;  
    public double y;  
    public double r;  
    public boolean anchorFlag;  
    public int stepen;  
    List<Point> anchors;  
  
    public Point (double x, double y) {  
        this.x = x;  
        this.y = y;  
        this.stepen = 0;  
        anchors = new ArrayList<>();  
    }  
}
```

Исто така имплементацијата за локализација на јазлите во 2D сензорска мрежа се наоѓа во класата SensorNetwork, а имплементација за 3D сензорска мрежа во SensorNetwork3D, соодветно. За понатамошна обработка на резултатите од програмата, резултатите ги сместував во Excel files кои понатаму ги користев во апликацијата Tableau за да ги креирам соодветните графици.

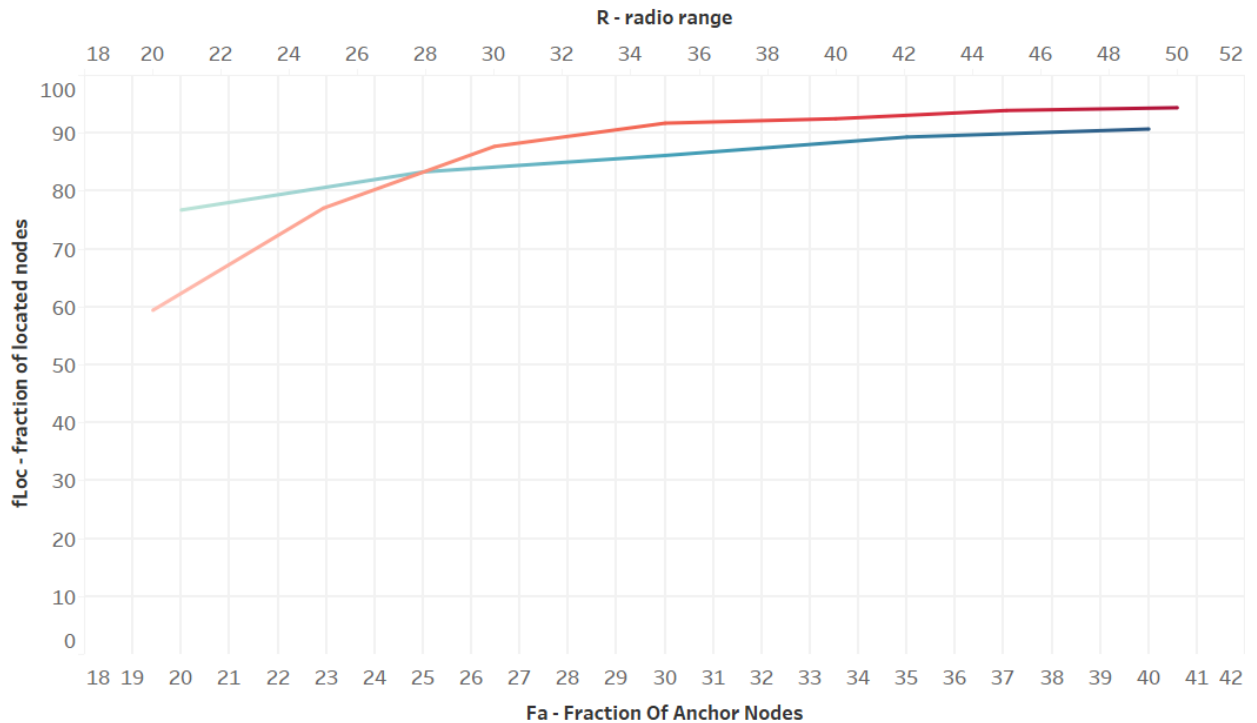
Во прилог се бараните графици за 2D и 3D сензорска мрежа со неитеративниот и итеративниот алгоритам на трилатерација.

## 2D сензорска мрежа

### Неитеративен алгоритам

#### 1.1. Фракцијата на локализирани јазли во зависност од R и f.

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - NA - Fraction Located Nodes - Fa - RR - 1.1.



The trends of average of fLoc - fraction of located nodes for Fa - Fraction Of Anchor Nodes and R - radio range.

For pane Fa - Fraction Of Anchor Nodes: Color blue shows details about Fa - Fraction Of Anchor Nodes.

For pane R - radio range: Color red shows details about R - radio range.

Fa - Fraction Of An..



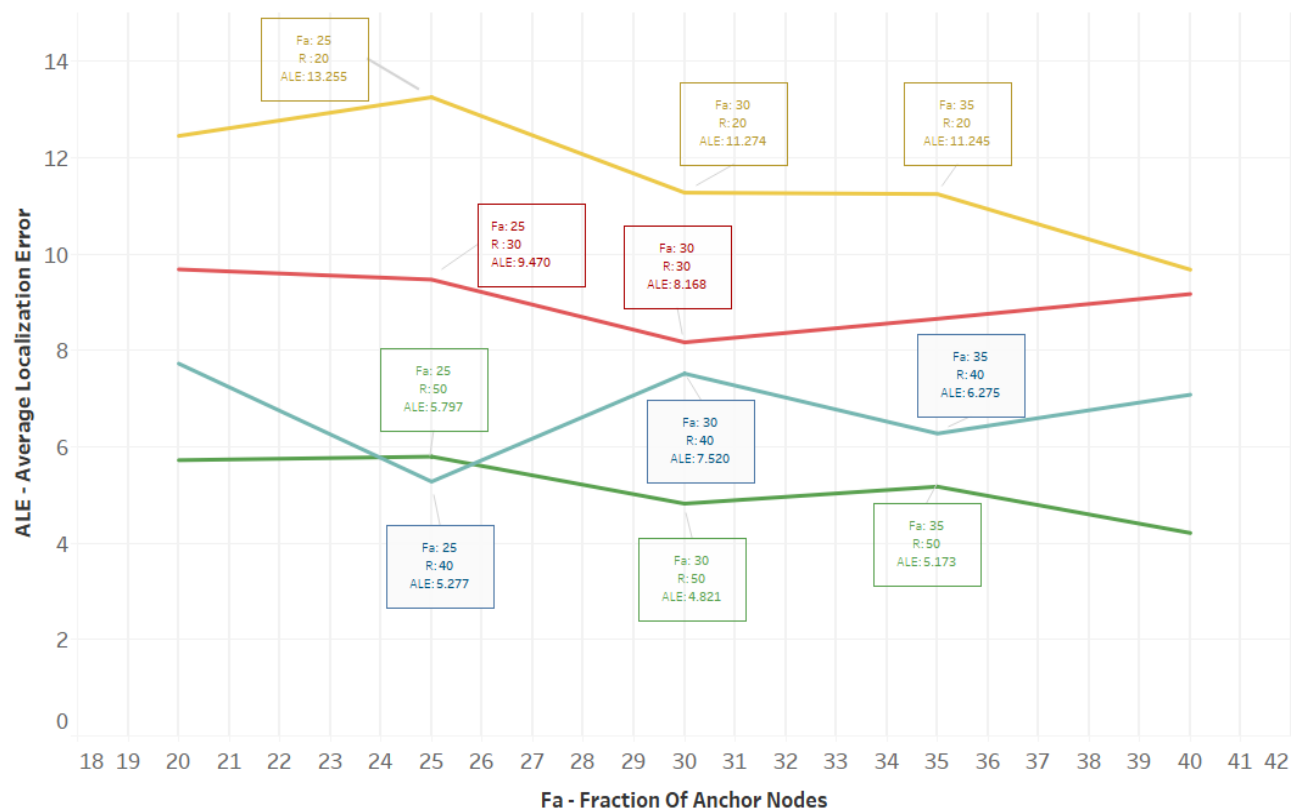
R - radio range



1.2. Точноста од извршената локализација (ALE) во зависност од R, r и f.

- ALE во зависност од f.

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - NA - 1.2. ALE - Fraction of Anchor Nodes (f)



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Fa - Fraction Of Anchor Nodes.

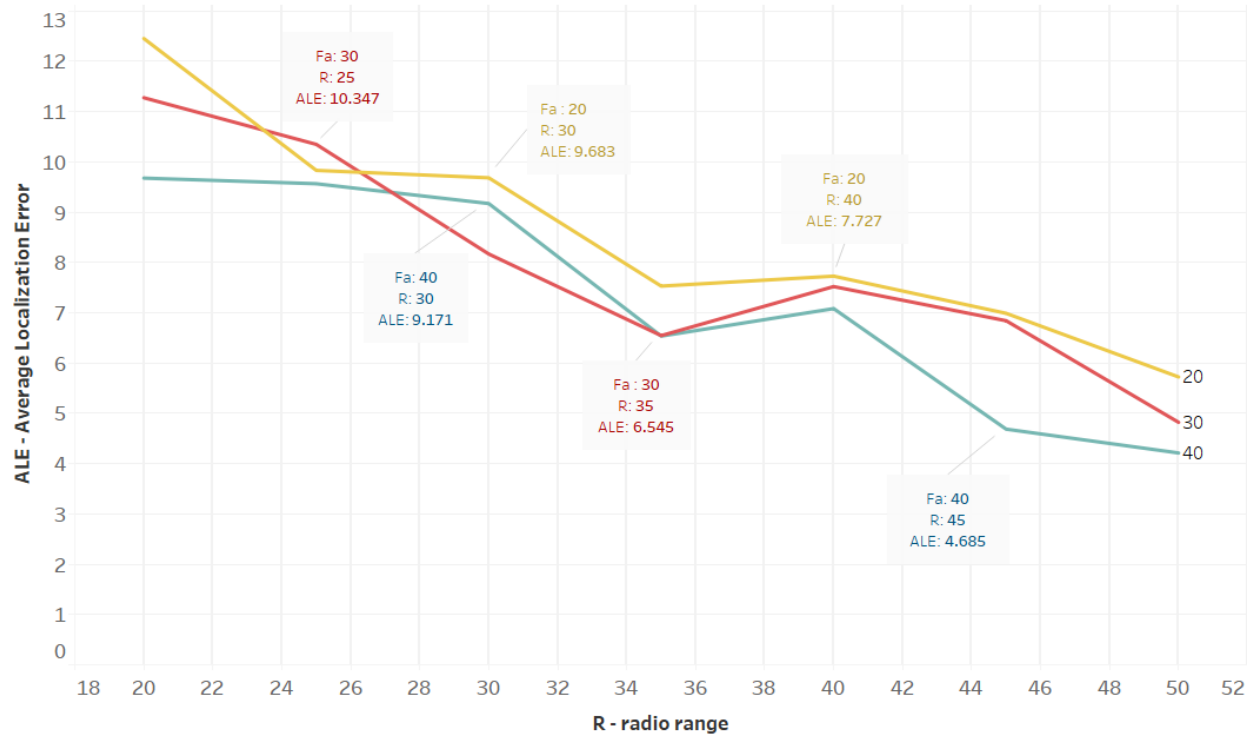
Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members of radio range percentage

R - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50

## - ALE во зависност од R

### Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - NA - 1.2. ALE - Radio Range (R)



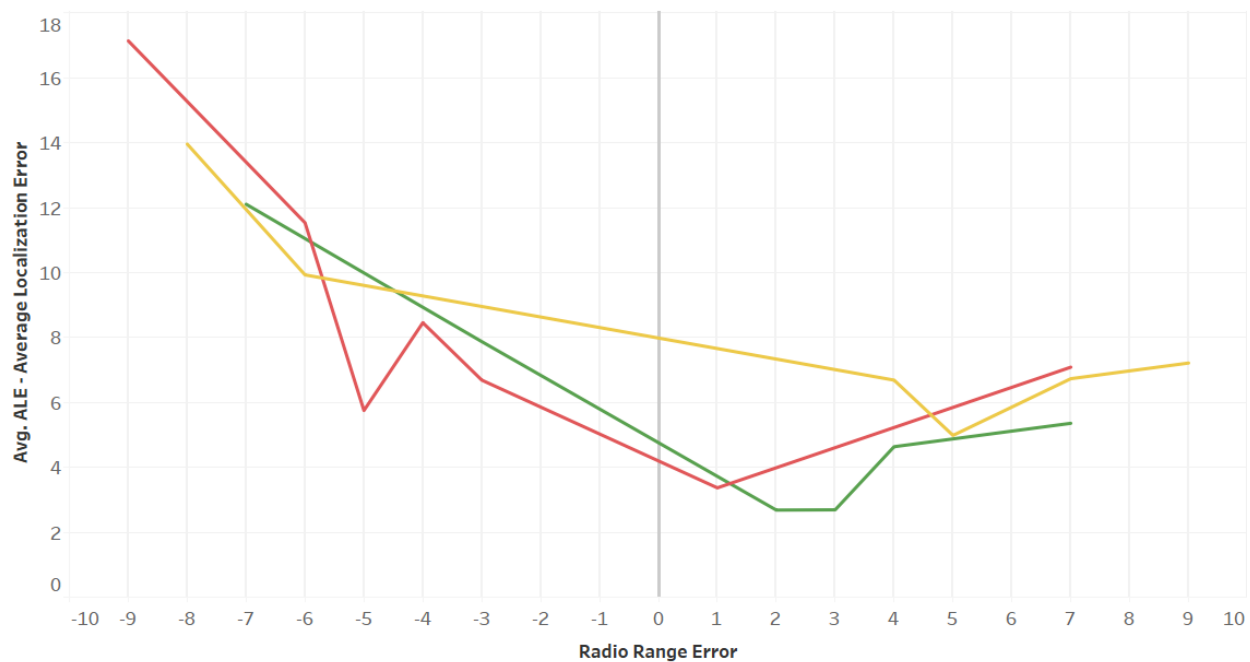
The trend of average of ALE - Average Localization Error for R - radio range. Color shows details about Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members of fraction of anchor nodes in percentage

#### Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

### - ALE во зависност од $r$ (со различна фракција на anchor јазли $f$ )

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - NA - 1.2. ALE - Radio range error ( $r$ ) with different Fraction of Anchor nodes



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about  $F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on  $F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

$F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set

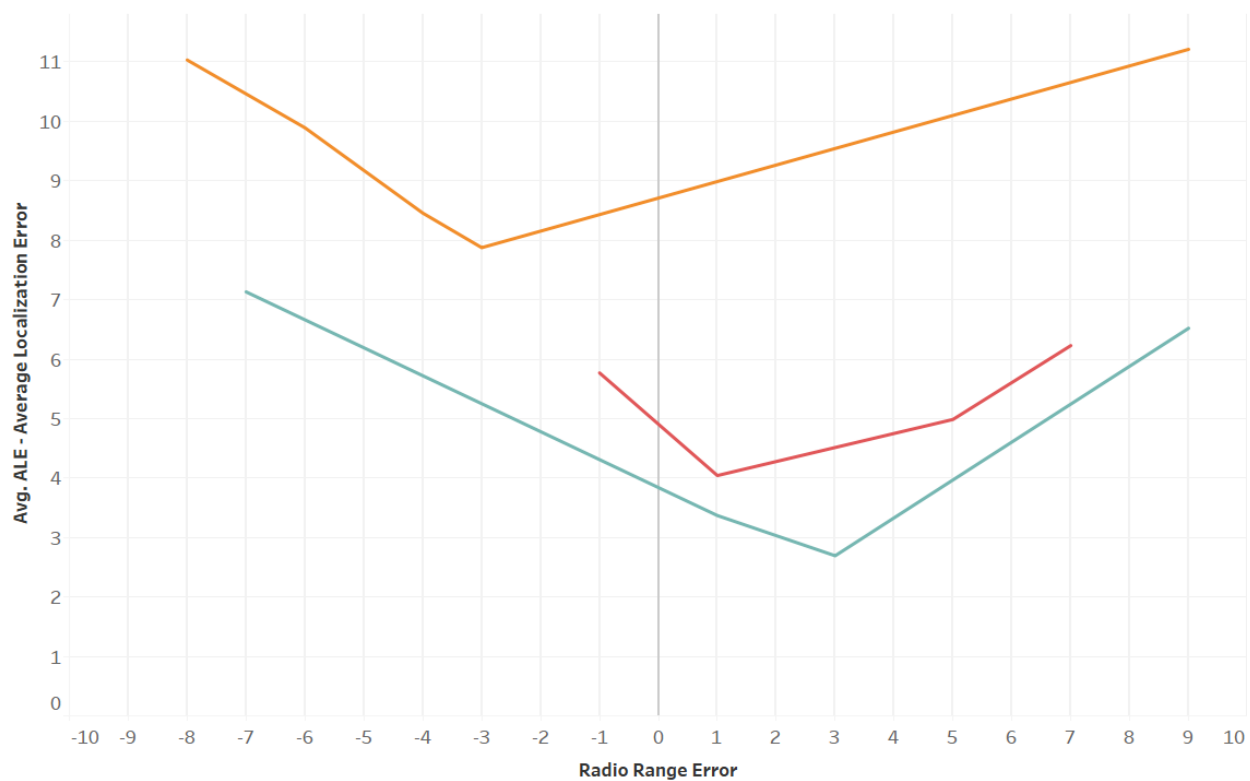
20

30

40

### - ALE во зависност од r (со различен radio range r)

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - NA - 1.2. ALE - Radio range error (r) with different Radio range



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 3 members.

R - radio range Set

- 30
- 40
- 50

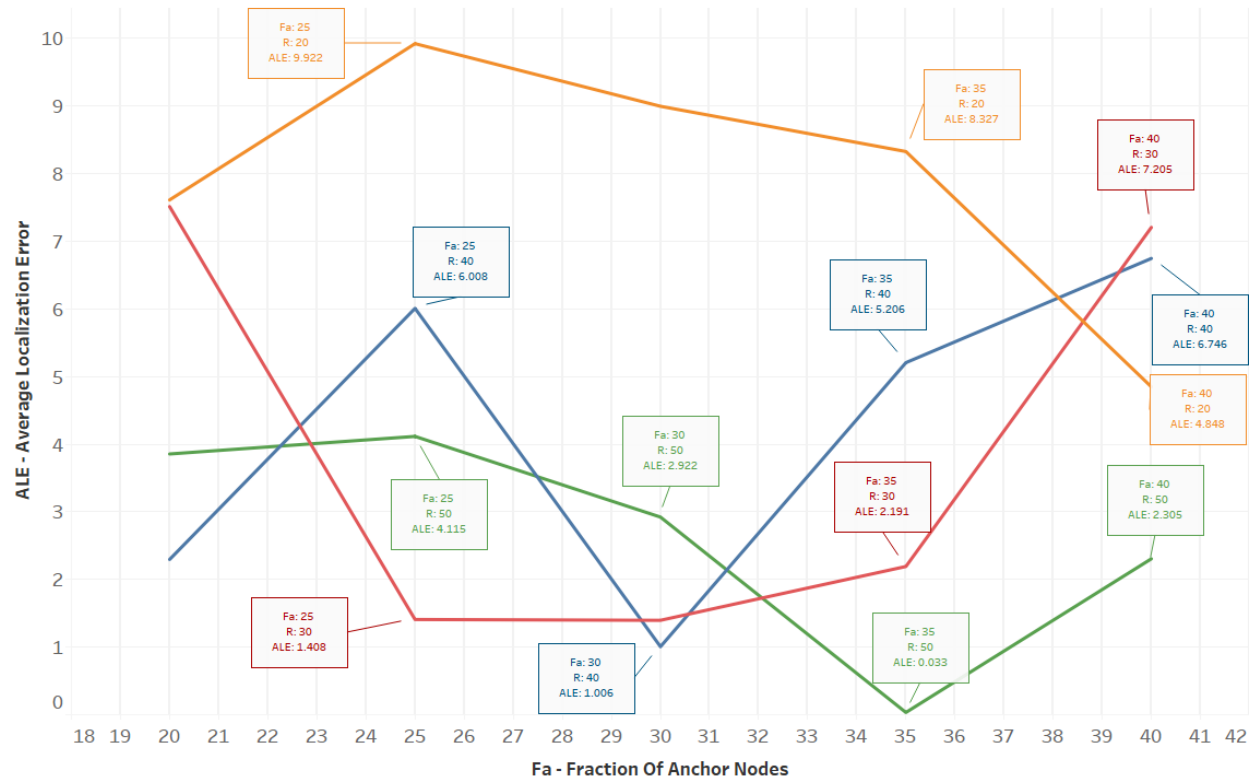
# Итеративен алгоритам

2.1. Точноста од извршената локализација (ALE) во зависност од R, r и f.

Евристика 1. Користејќи 3 најблиски анхор јазли

- ALE во зависност од f

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - IA - 2.1. - heuristic 1 - ALE - Fraction of Anchor Nodes (f)



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Fa - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

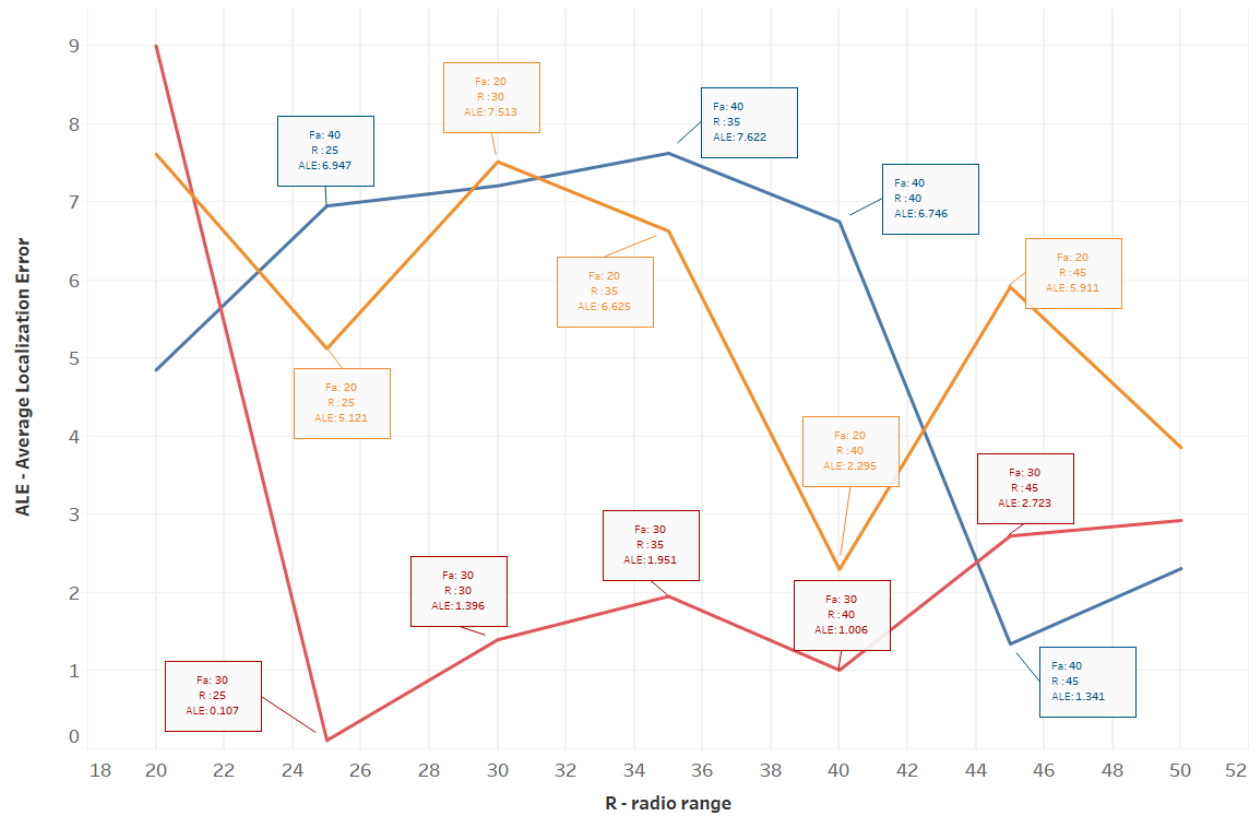
R - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50



## - ALE во зависност од R

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - IA - 2.1. - heuristic 1 - ALE - Radio Range (R)



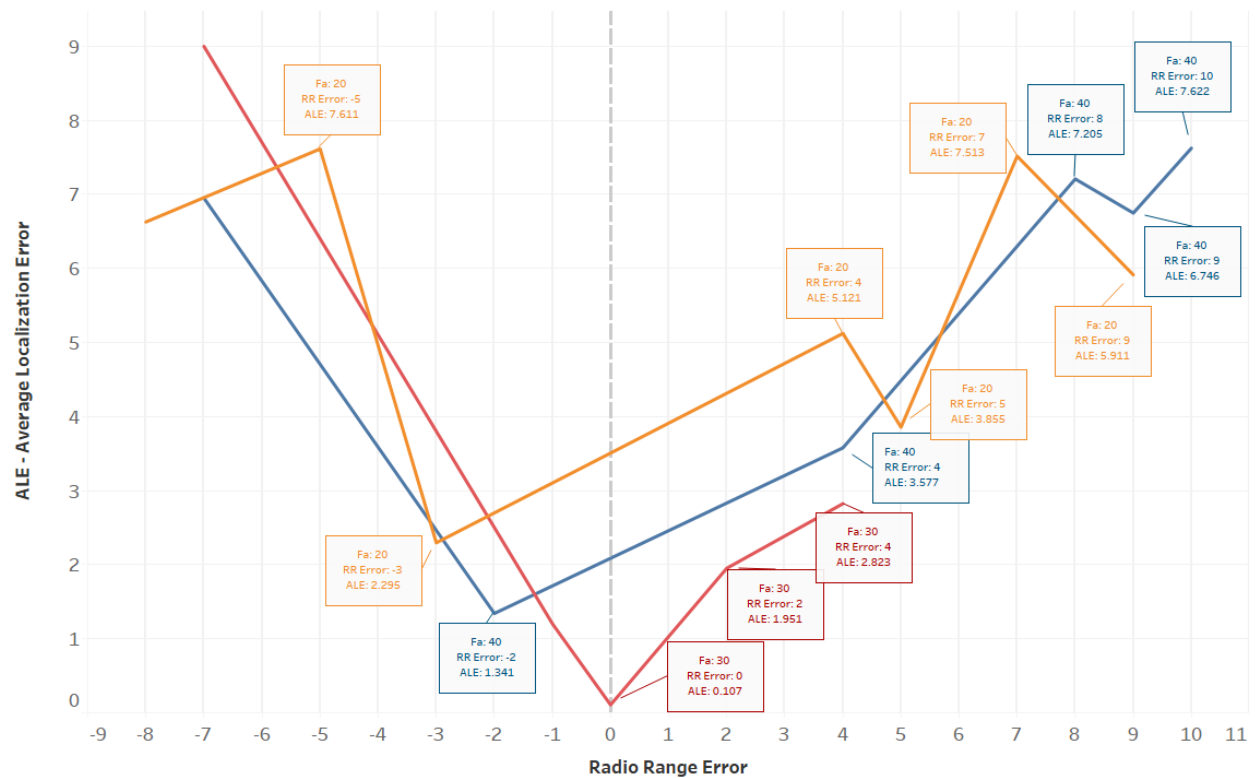
The trend of average of ALE - Average Localization Error for R - radio range. Color shows details about Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

## - ALE во зависност од r (со различна фракција на anchor јазли f)

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - IA - 2.1. - heuristic 1 - ALE - Radio range error (r) with different Fraction of anchor nodes



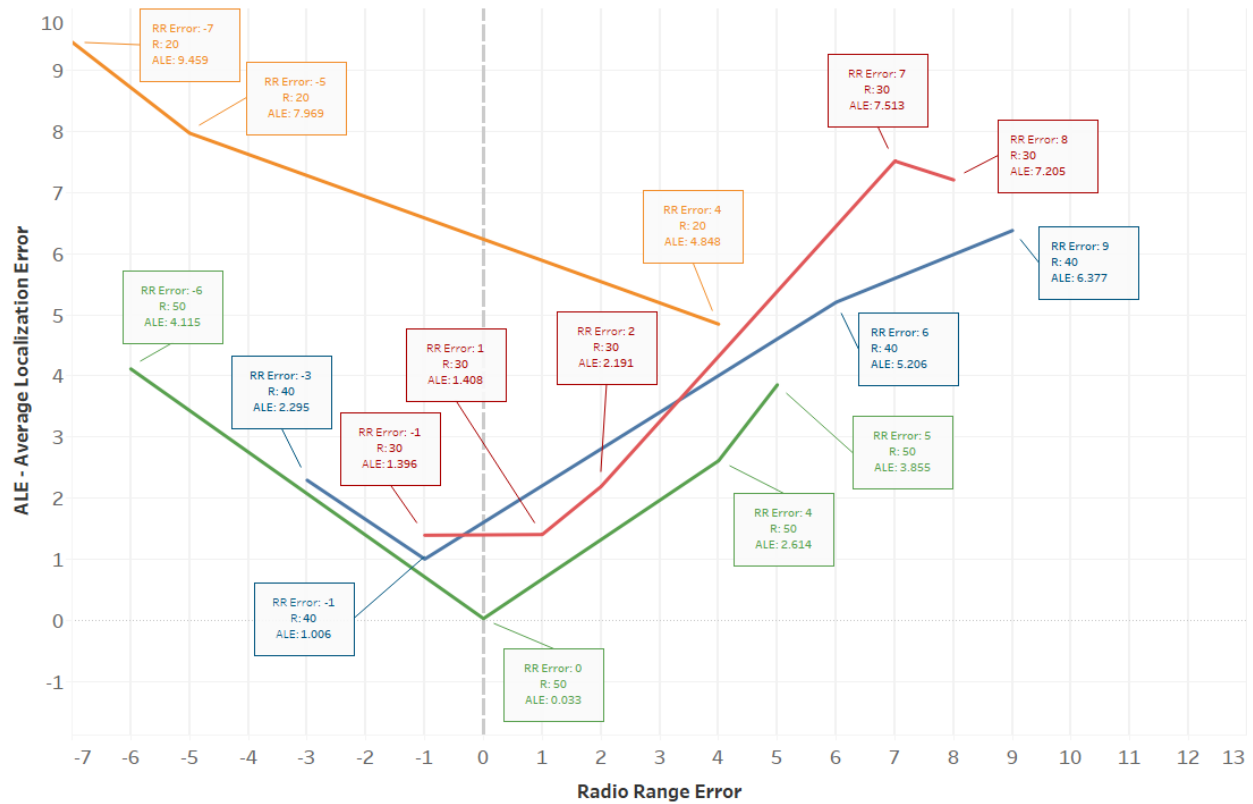
The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

## - ALE во зависност од r (со различен radio range r)

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - IA - 2.1. - heuristic 1 - ALE - Radio range error (r)  
with different Radio range



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

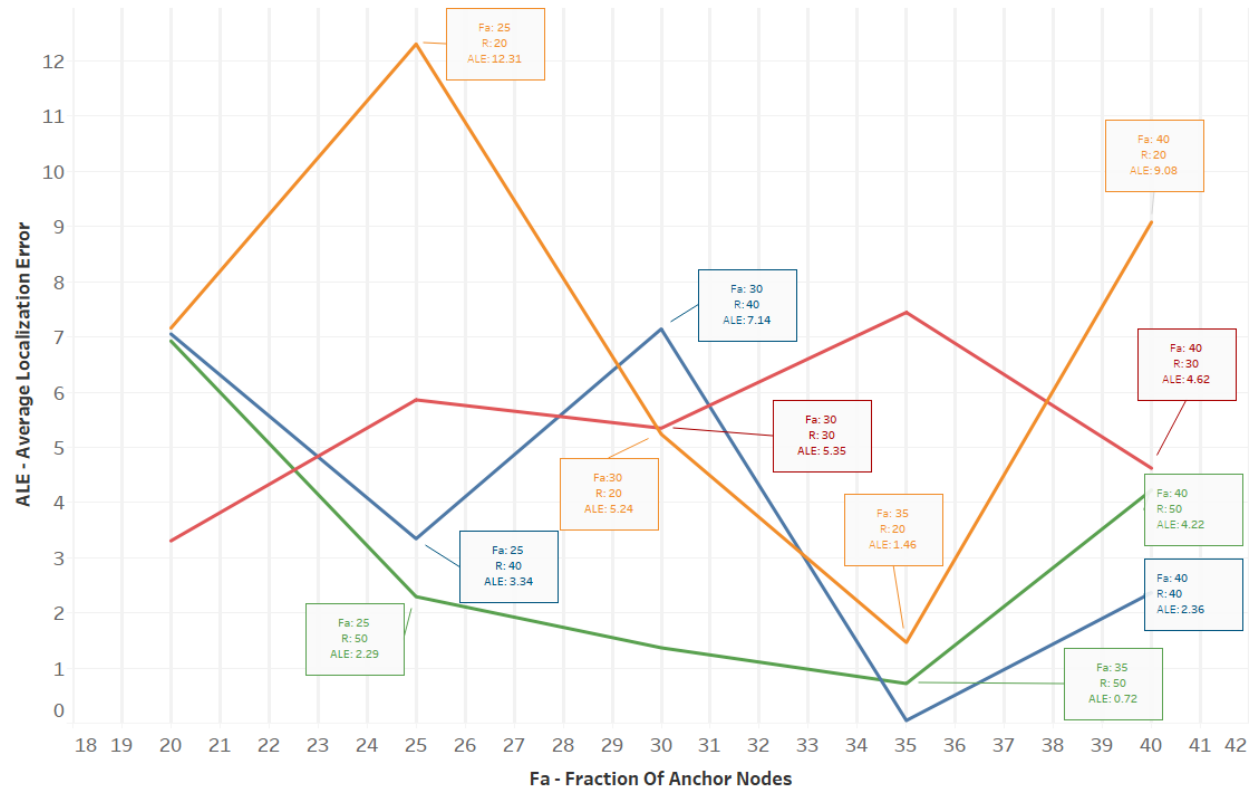
R - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50

## Евристика 2. Користејќи 3 најрелевантни анхор јазли

### - ALE во зависност од f

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - IA - 2.1. - heuristic 2 - ALE - Fraction of Anchor Nodes (f)



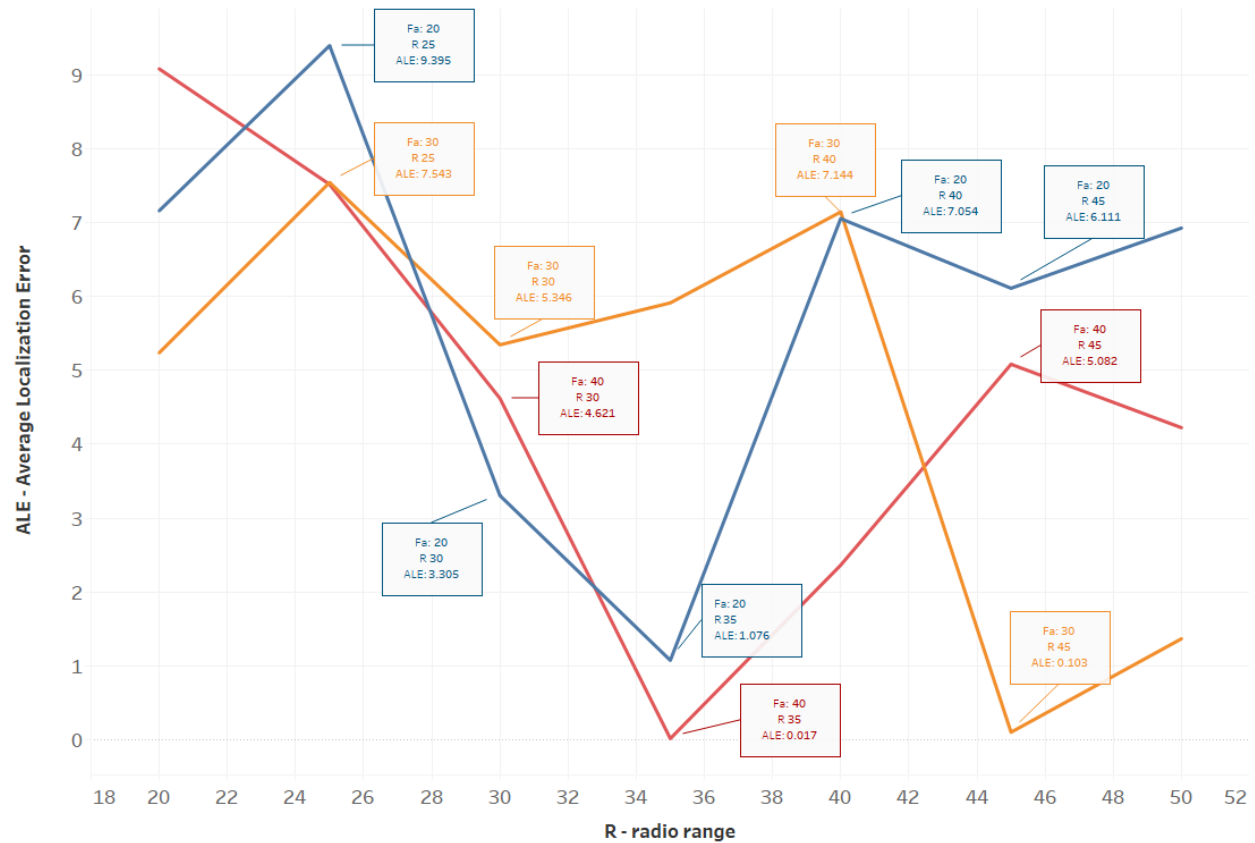
The trend of average of ALE - Average Localization Error for Fa - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

R - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50

## - ALE во зависност од R

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - IA - 2.1. - heuristic 2 - ALE - Radio Range (R)



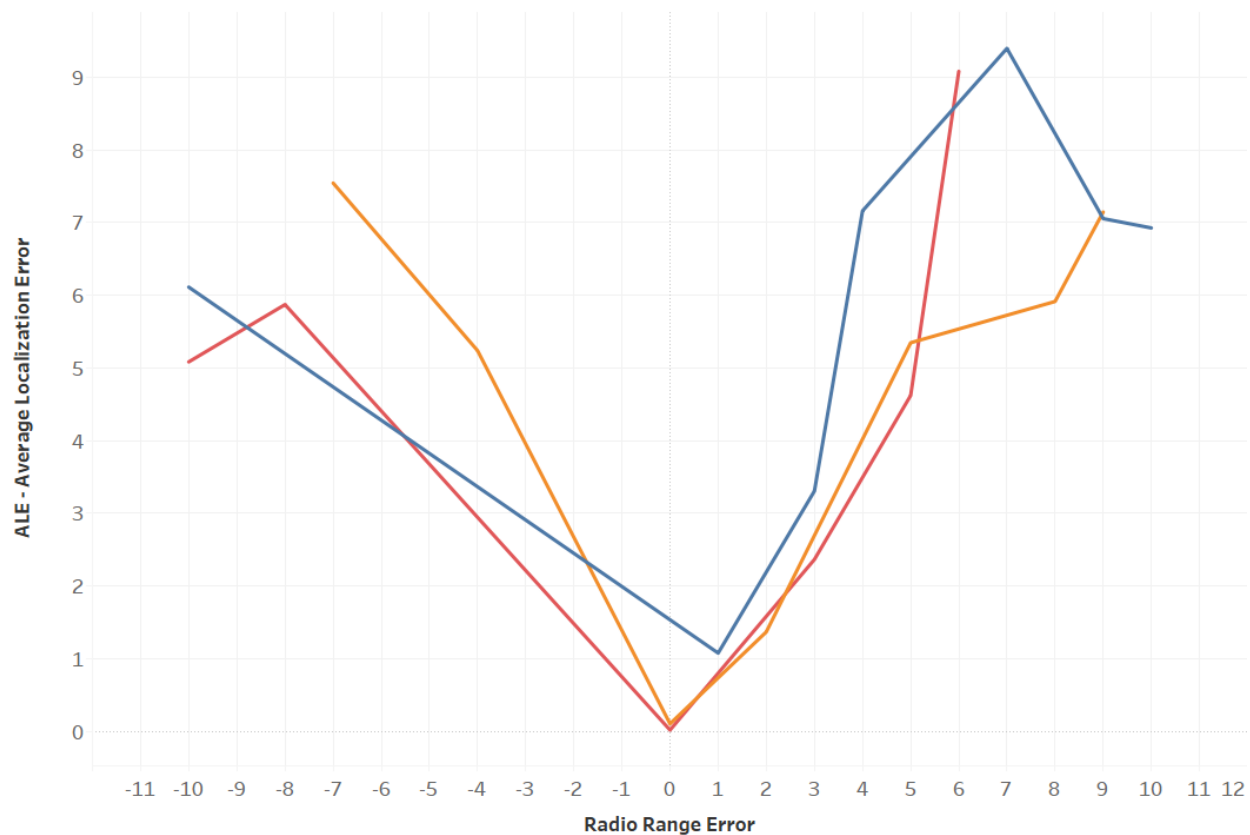
The trend of average of ALE - Average Localization Error for R - radio range. Color shows details about Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

- ALE во зависност од  $r$  (со различна фракција на anchor јазли  $f$ )

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - IA - 2.1. - heuristic 2 - ALE - Radio range error ( $r$ ) with different Fraction of Anchor nodes



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about  $F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on  $F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

$F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set

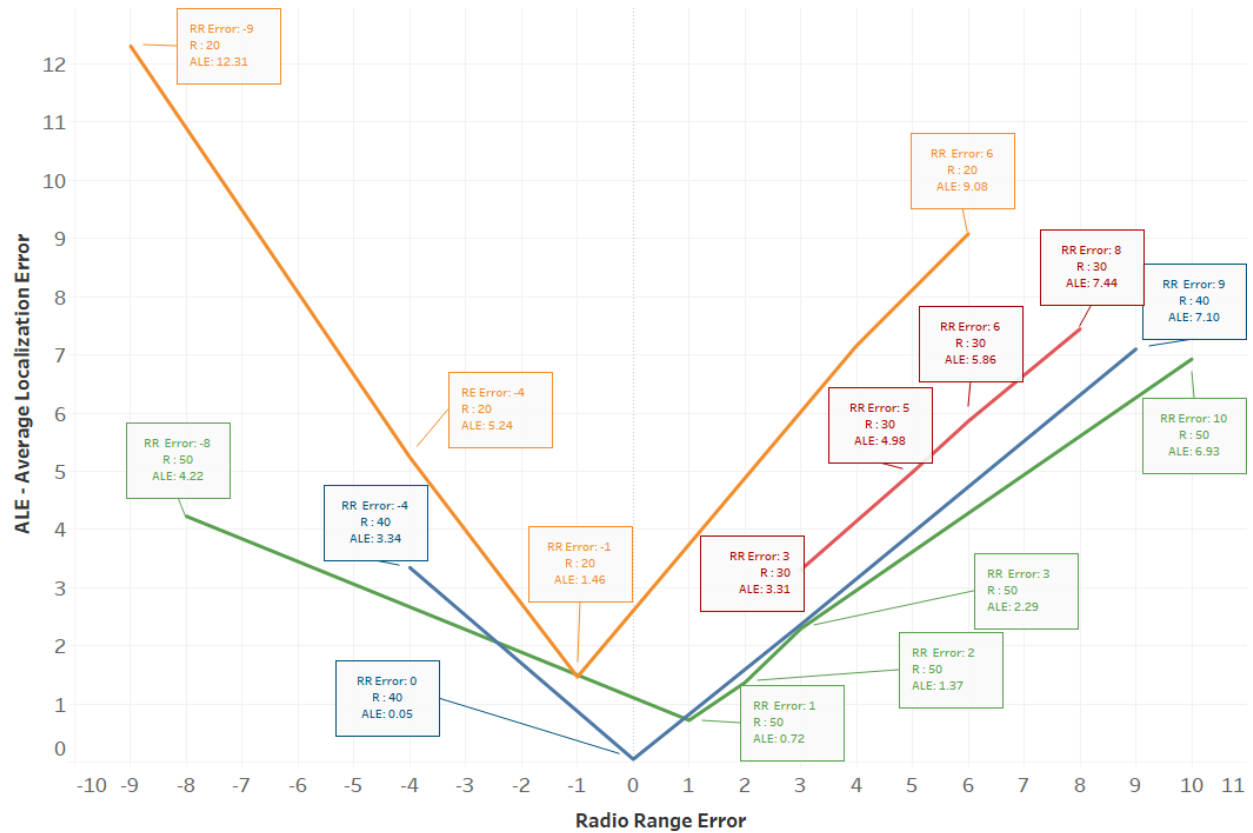
■ 20

■ 30

■ 40

## - ALE во зависност од r (со различен radio range R)

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 2D - IA - 2.1. - heuristic 2 - ALE - Radio range error (r) with different Radio range



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

R - radio range Set

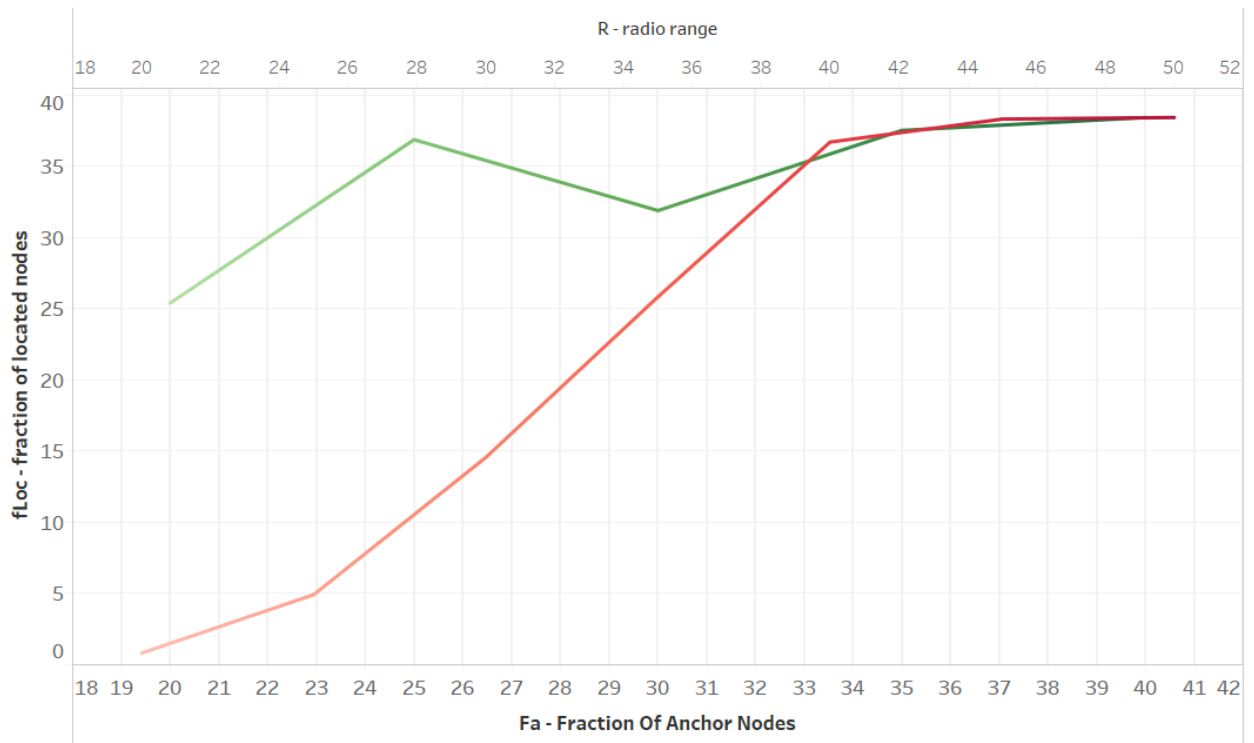
- 20
- 30
- 40
- 50

## 3D сензорска мрежа

### Неитеративен алгоритам

#### 1.1. Фракцијата на локализирани јазли во зависност од R и f.

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - NA - 1.1. - Fraction Located Nodes - Fa - RR



The trend of fLoc - fraction of located nodes for Fa - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

Fa - Fraction Of An..  
20 40

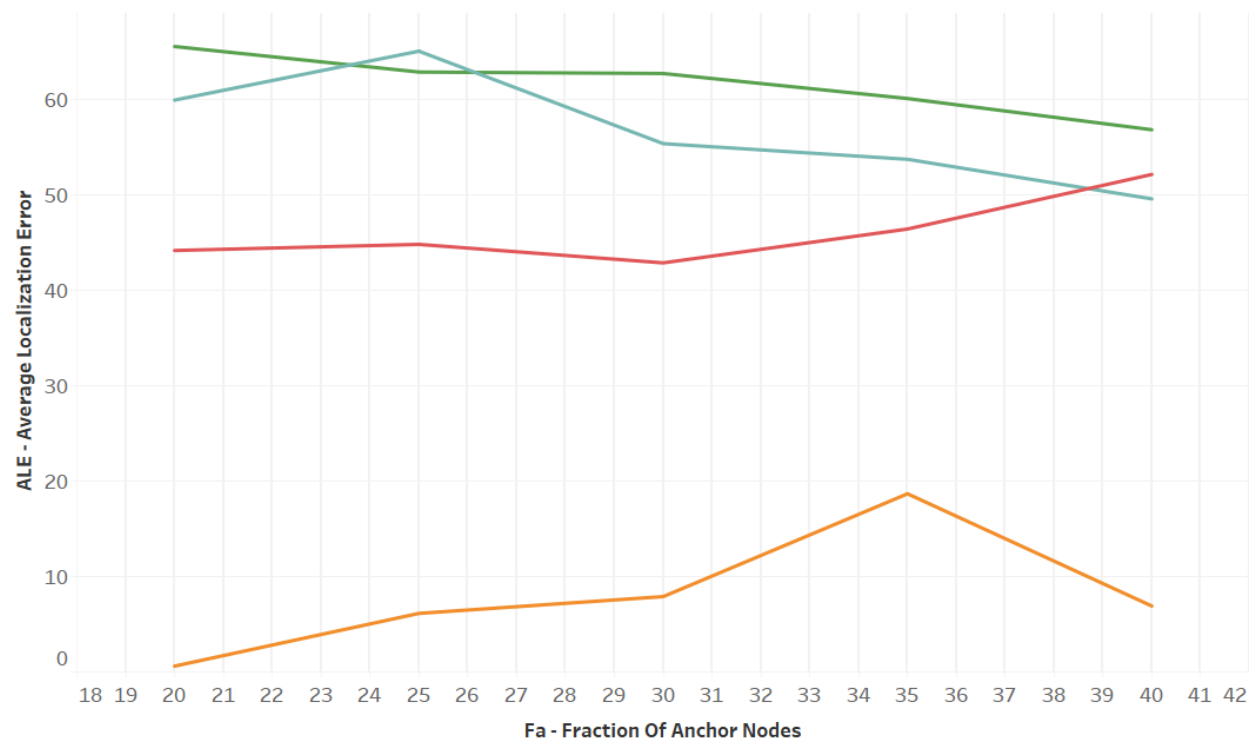
R - radio range  
20 50



1.2. Точноста од извршената локализација (ALE) во зависност од R, r и f.

- ALE во зависност од f

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - NA - 1.2. ALE - Fraction of Anchor nodes (f)



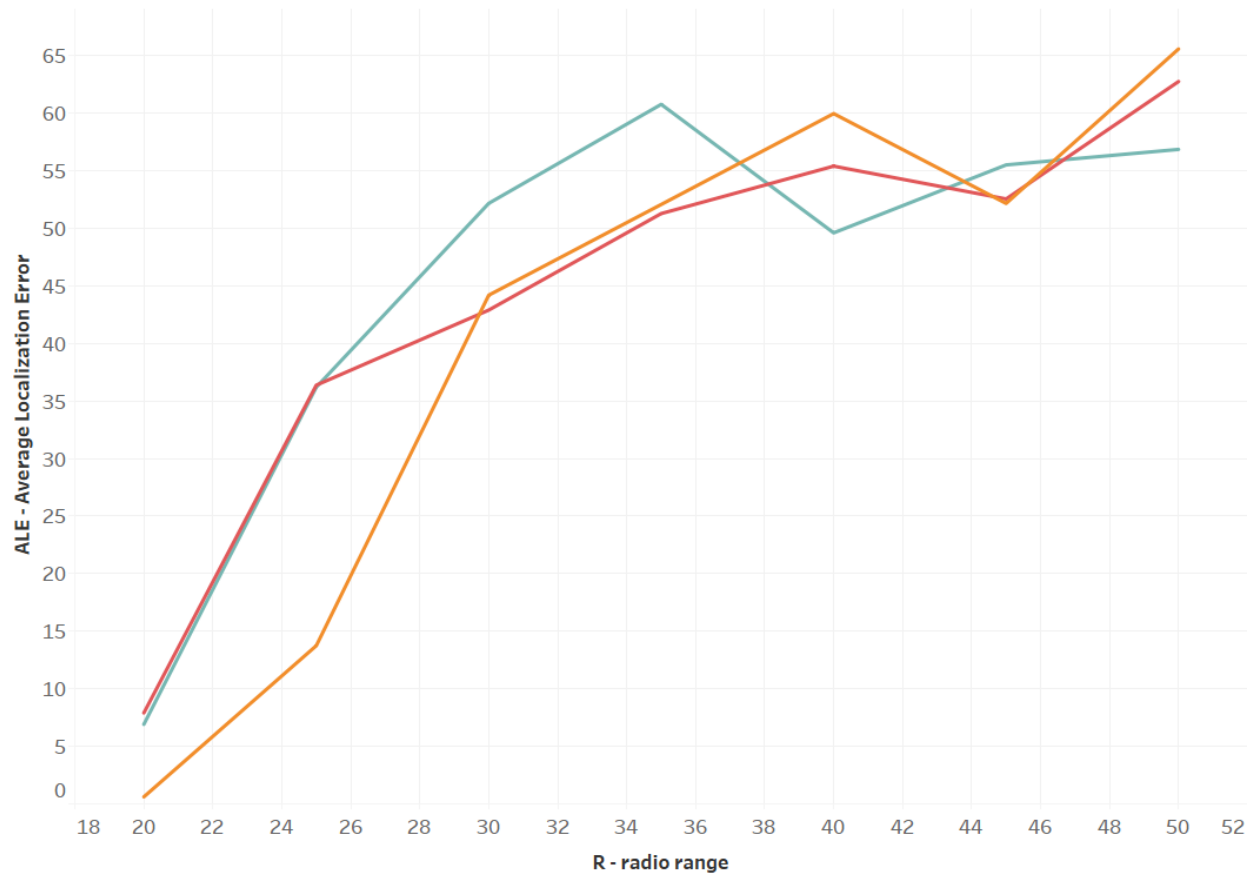
The trend of ALE - Average Localization Error for Fa - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

R - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50

## - ALE во зависност од R

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - NA - 1.2. ALE - Radio Range (R)



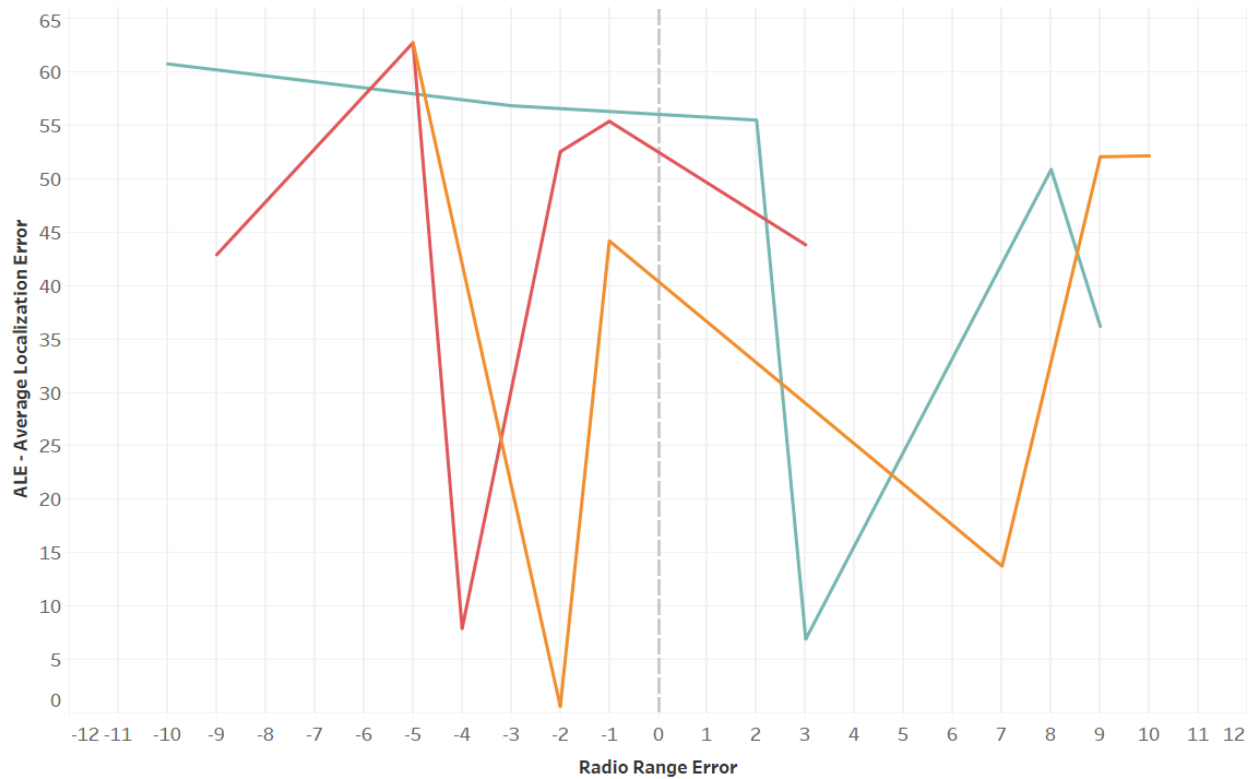
The trend of average of ALE - Average Localization Error for R - radio range. Color shows details about Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

## - ALE во зависност од $r$ (со различна фракција на anchor јазли $f$ )

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - NA - 1.2. ALE - Radio range error ( $r$ ) with different fraction of Anchor Nodes ( $f$ )



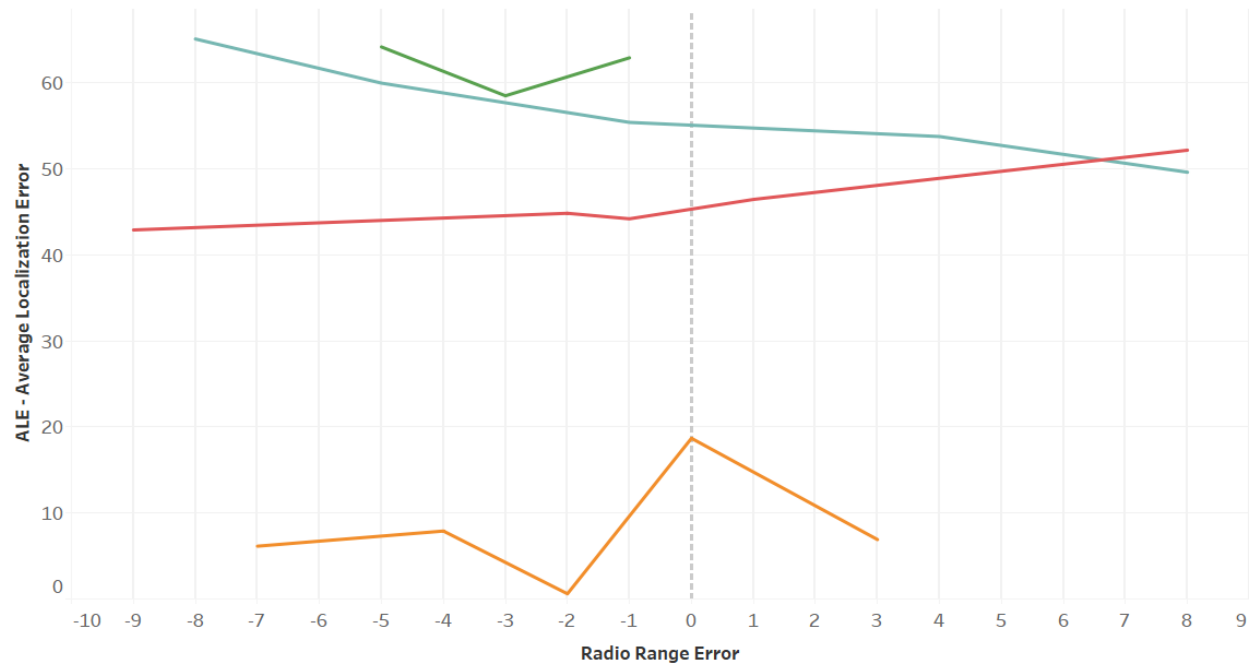
The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about  $F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on  $F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

$F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

## - ALE во зависност од $r$ (со различен radio range $R$ )

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - NA - 1.2. ALE - Radio range error ( $r$ ) with different Radio range



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about  $R$  - radio range Set. The view is filtered on  $R$  - radio range Set, which keeps 4 members.

$R$  - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50

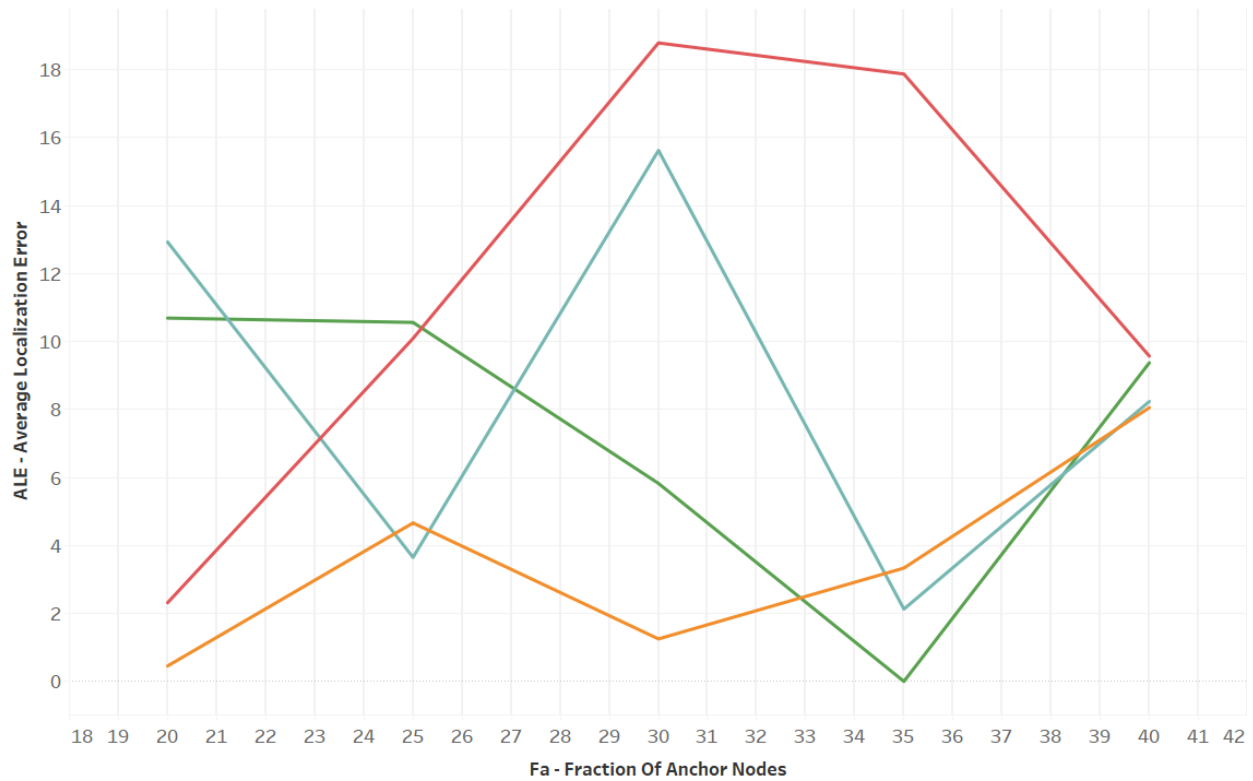
## Итеративен алгоритам

2.1. Точноста од извршената локализација (ALE) во зависност од  $R$ ,  $r$  и  $f$ .

## Евристика 1. Користејќи 3 најблиски анхор јазли

### - ALE во зависност од $f$

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - IA - 2.1. - heuristic 1 - ALE - Fraction of Anchor Nodes (f)



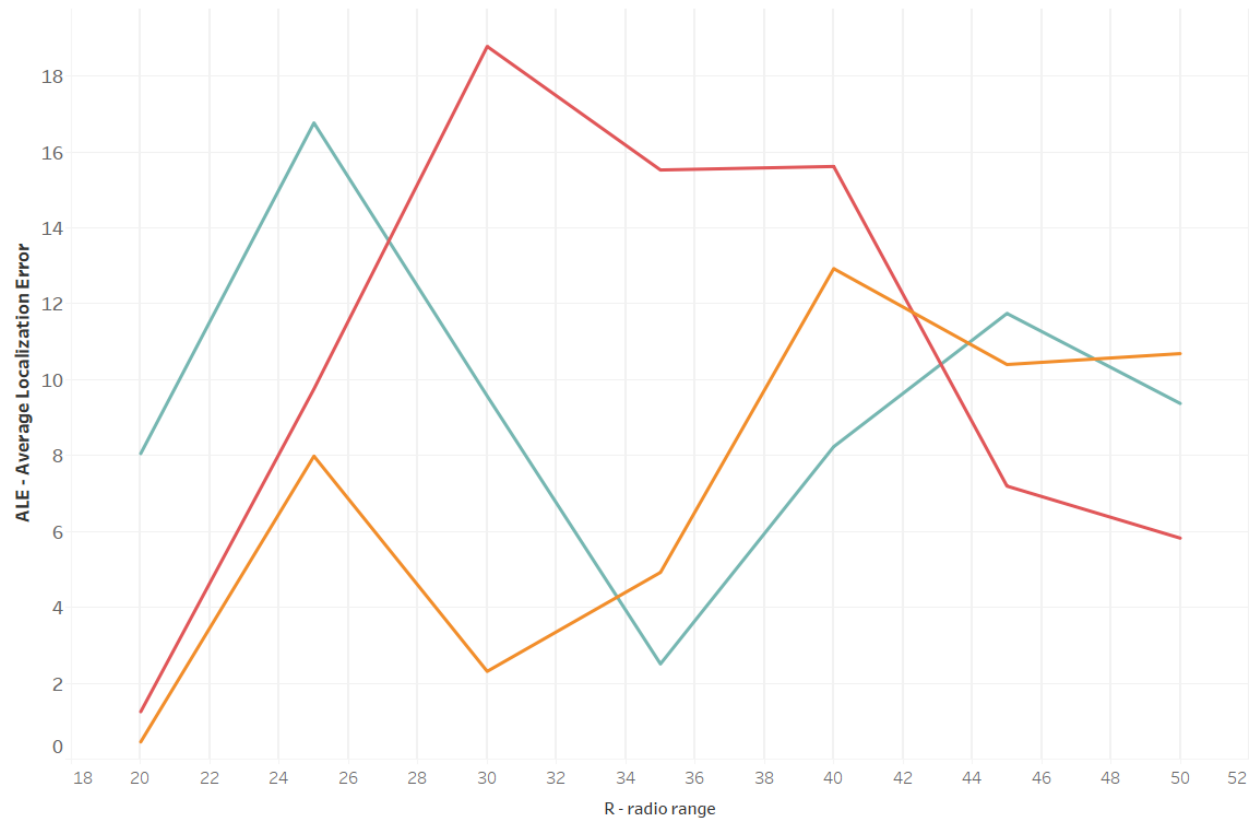
The trend of average of ALE - Average Localization Error for  $f_a$  - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

R - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50

## - ALE во зависност од R

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - IA - 2.1. - heuristic 1 - ALE - Radio Range (R)



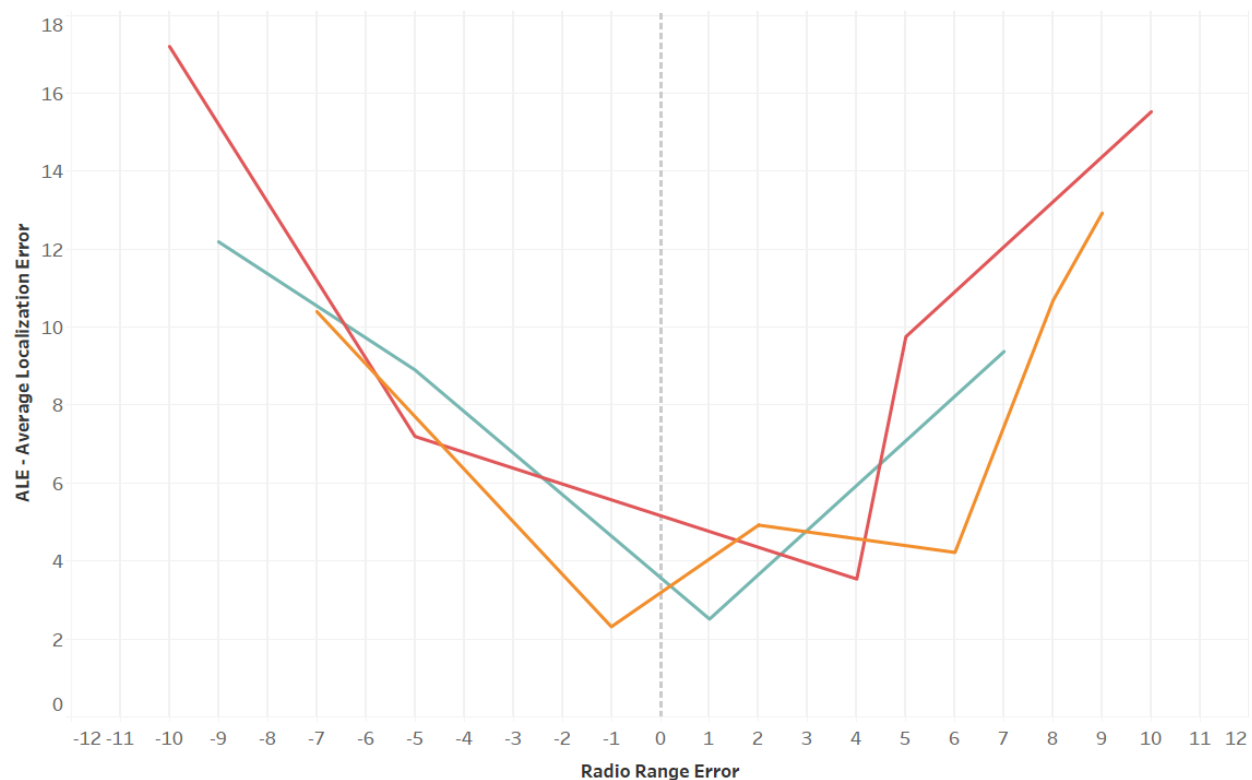
The trend of average of ALE - Average Localization Error for R - radio range. Color shows details about Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

### - ALE во зависност од $r$ (со различна фракција на anchor јазли $f$ )

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - IA - 2.1. - heuristic 1 - ALE - Radio range error ( $r$ ) with different Fraction of anchor nodes



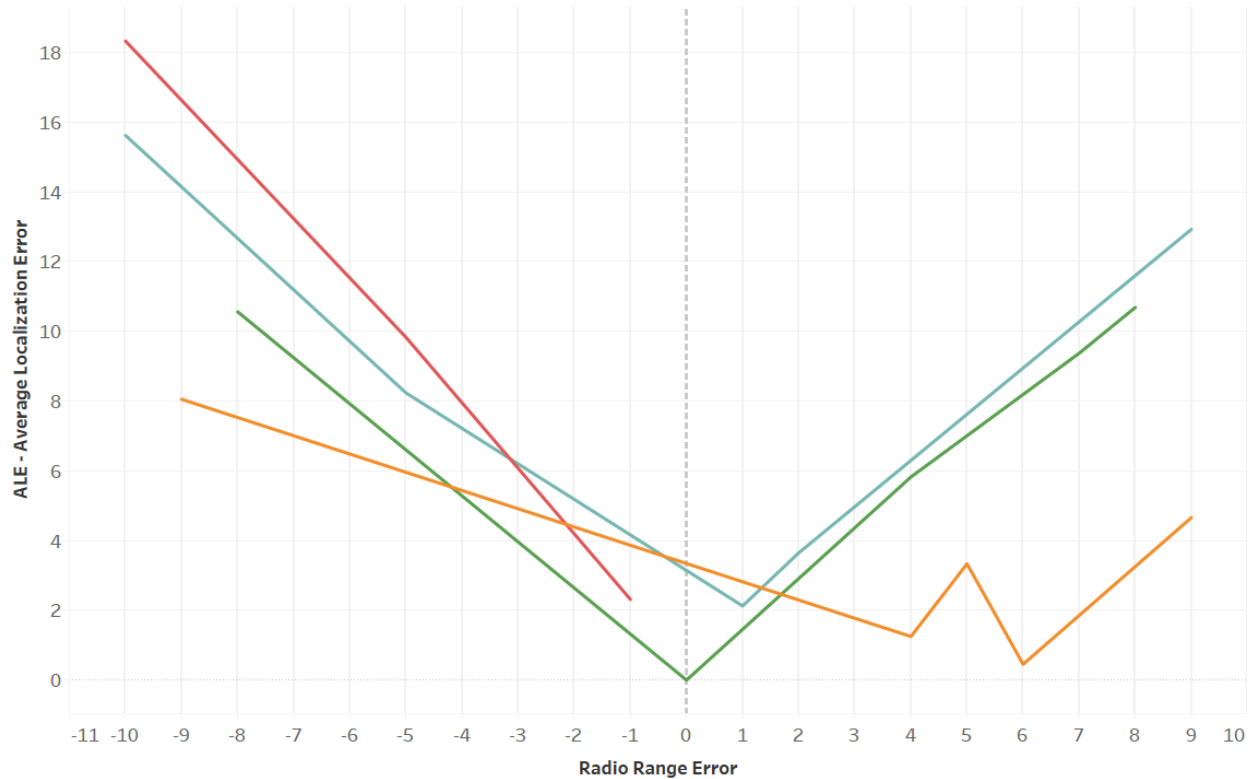
The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about  $F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set. The view is filtered on  $F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set, which keeps 3 members.

$F_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

## - ALE во зависност од $r$ (со различен radio range $R$ )

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - IA - 2.1. - heuristic 1 - ALE - Radio range error ( $r$ ) with different Radio Range ( $R$ )



The trend of average of ALE - Average Localization Error for Radio Range Error. Color shows details about  $R$  - radio range Set. The view is filtered on  $R$  - radio range Set, which keeps 4 members.

$R$  - radio range Set

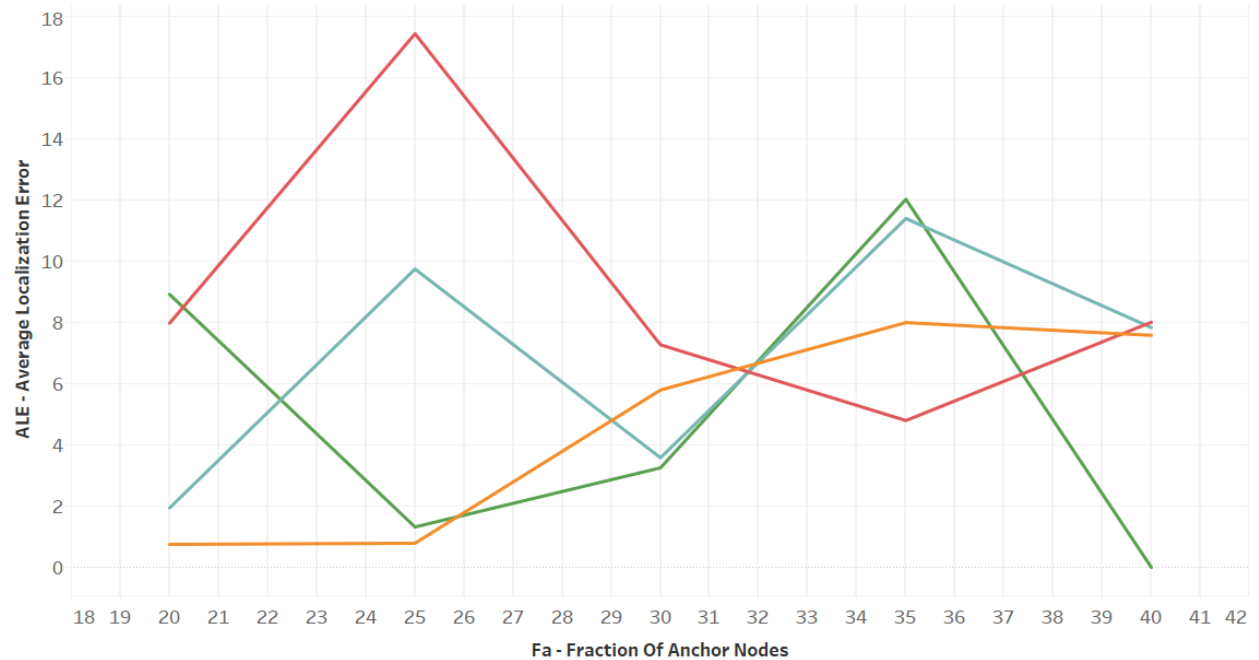
- 20
- 30
- 40
- 50



## Евристика 2. Користејќи 3 најрелевантни анхор јазли

### - ALE во зависност од $f$

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - IA - 2.1. - heuristic 2 - ALE - Fraction of Anchor Nodes (f)



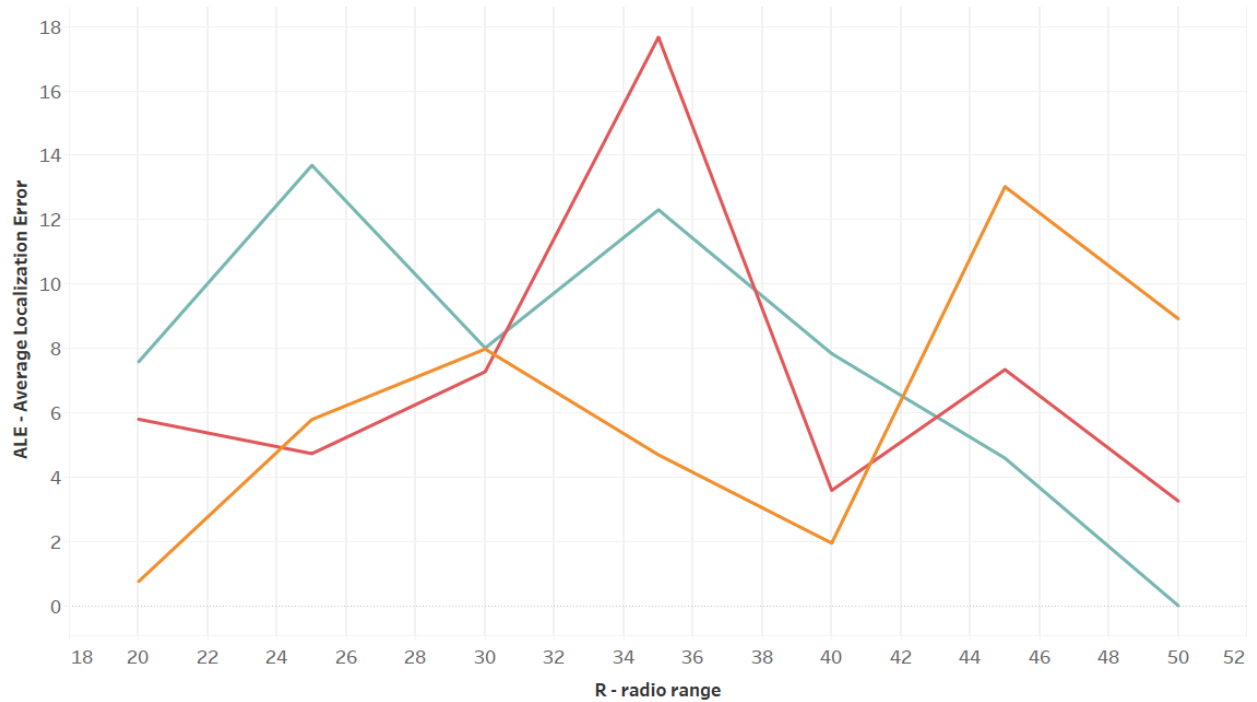
The trend of ALE - Average Localization Error for Fa - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

R - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50

## - ALE во зависност од R

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - IA - 2.1. - heuristic 2 - ALE - Radio range (R)



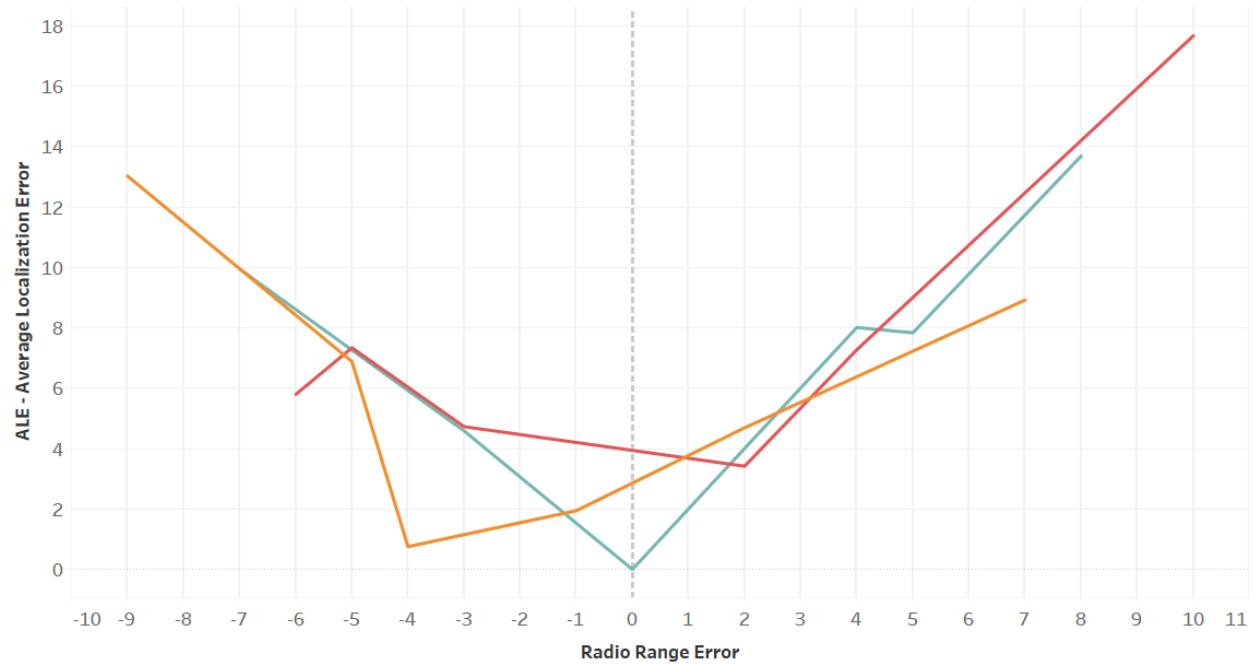
The trend of ALE - Average Localization Error for Fa - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

Fa - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

## - ALE во зависност од $r$ (со различна фракција на anchor јазли $f$ )

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - IA - 2.1. - heuristic 2 - ALE - Radio range error ( $r$ ) with different Fraction of anchor nodes ( $f$ )



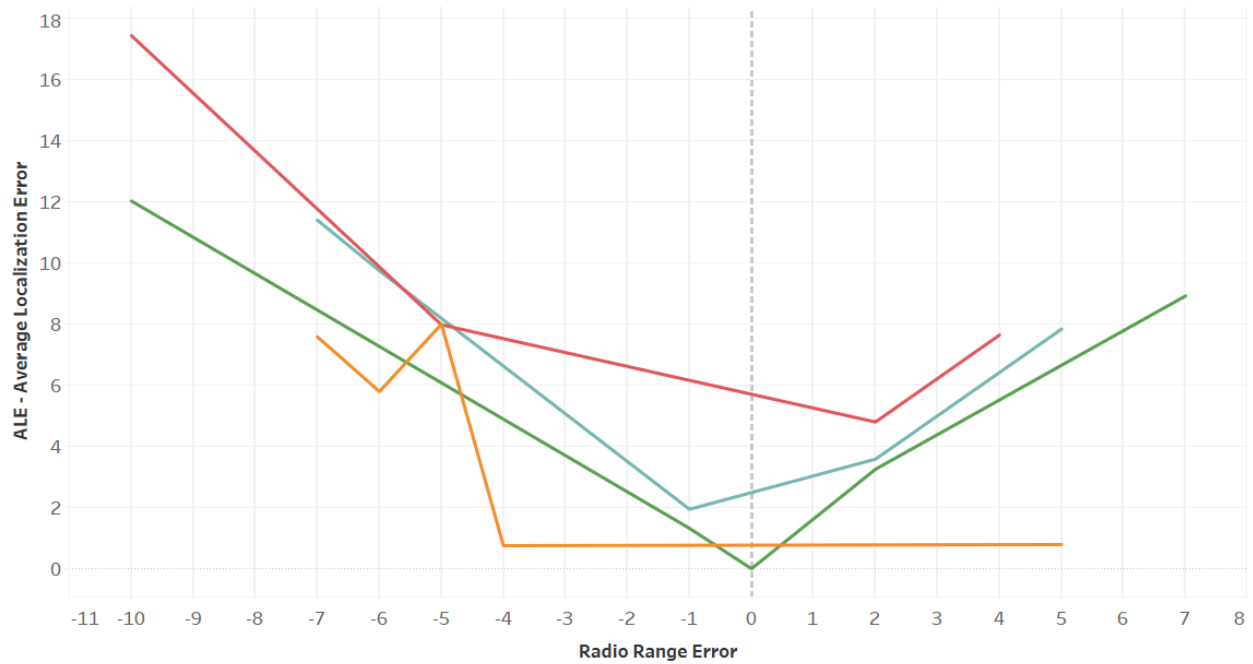
The trend of ALE - Average Localization Error for  $f_a$  - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about  $R$  - radio range Set. The view is filtered on  $R$  - radio range Set, which keeps 4 members.

$f_a$  - Fraction Of Anchor Nodes Set

- 20
- 30
- 40

### - ALE во зависност од $r$ (со различен radio range $R$ )

Senzorski Sistemi - Lab 1 - trilateration 3D - IA - 2.1. - heuristic 2 - ALE - Radio range error ( $r$ ) with different Radio range



The trend of ALE - Average Localization Error for Fa - Fraction Of Anchor Nodes. Color shows details about R - radio range Set. The view is filtered on R - radio range Set, which keeps 4 members.

R - radio range Set

- 20
- 30
- 40
- 50

Линк од Github репото:

<https://github.com/stefanikostic/trilateration.git>