



УСПОСТАВЉАЊЕ МЕТРОЛОШКОГ ПОЛИГОНА ЗА ПОТРЕБЕ ЕТАЛОНИРАЊА ТЕРЕСТРИЧКО ЛАСЕРСКОГ СКЕНЕРА

Петковић Душан

СТУДИЈСКИ ПРОГРАМ: Геодезија

МОДУЛ: Геодезија

ПРЕДМЕТ: Терестричко ласерско скенирање у инжењерству

МЕНТОР: Ванредни професор др Марко М. Пејић

Основне студије уписане 2013. године

Основне студије завршене 2016. године

Мастер студије уписане 2016. године

Мастер студије завршене 2018. године

Просечна оцена остварена на основним студијама: 8,68

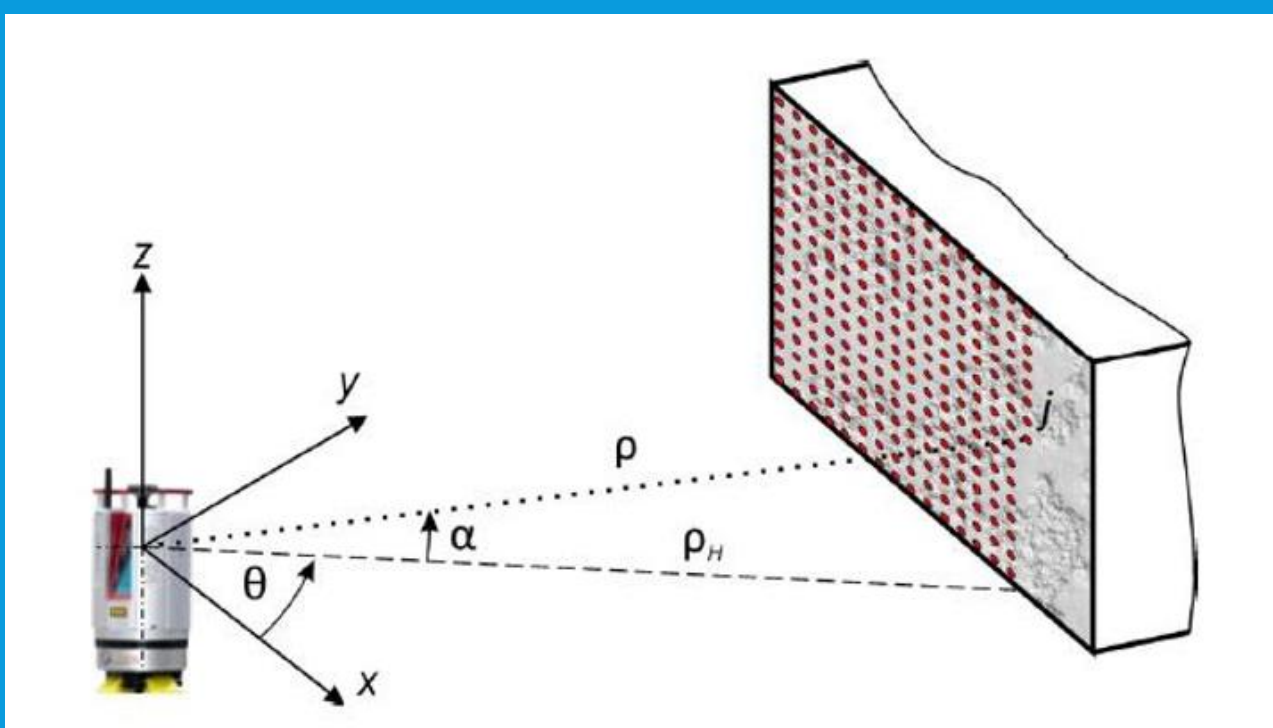
Просечна оцена остварена на мастер студијама: 9,88

Задатак:

У метролошкој лабораторији Грађевинског факултета успоставити мрежу ласерских сигнала за потребе метролошког испитивања терестричких ласерских скенера (ТЛС). Одредити условно тачне координате постављених сигнала, имајући у виду стандардну вредност несигурности одређивања координата референтних сигнала ласерским скенерима ($1\sigma = 2\text{mm}$). Спровести мерења са три модела импулсних ТЛС и анализирати интензитет и простирање вектора грешака у простору. Резултате анализирати са освртом на декларисане мере несигурности одређеног модела ТЛС.

РЕЗИМЕ

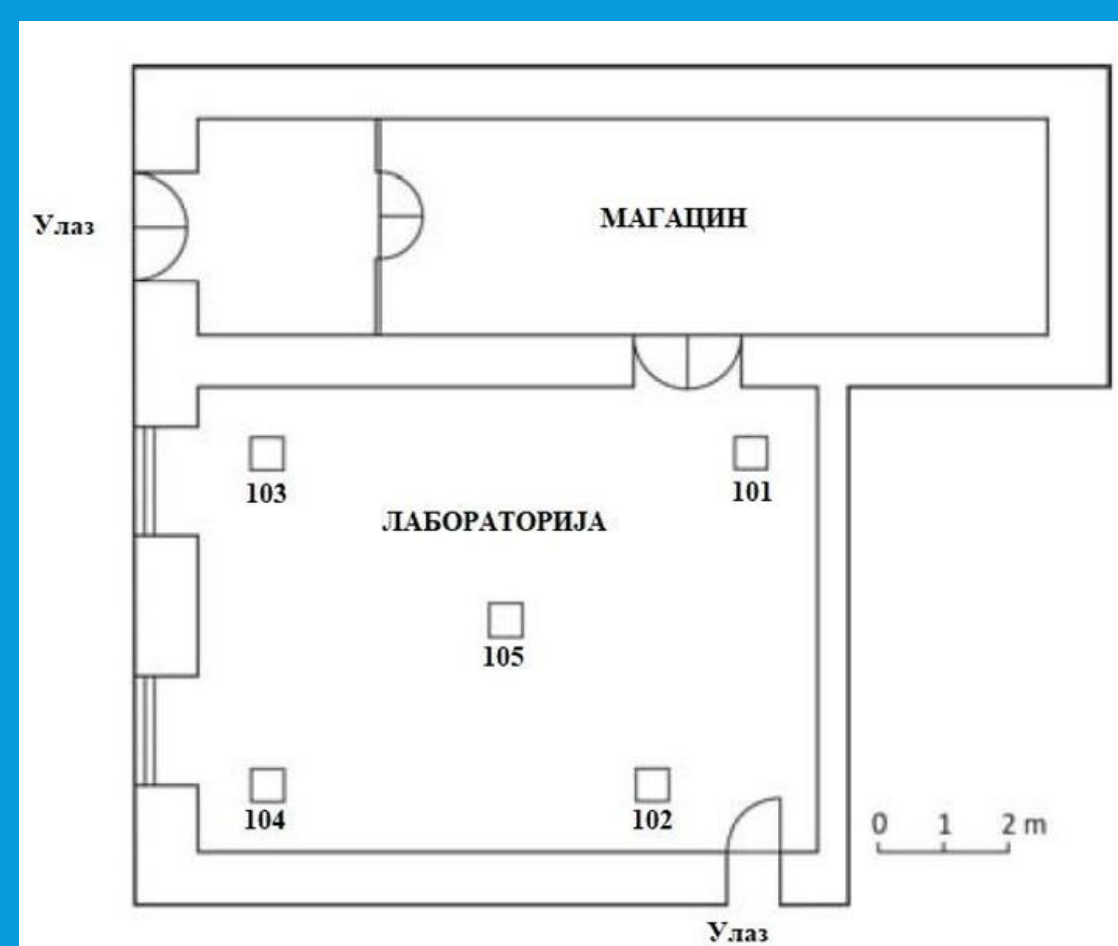
Терестричко ласерско скенирање (ТЛС) представља методу брзог прикупљања велике количине података у виду „облака тачака“ који нам касније представља основу за приказивање реалног стања „објекта“ у виду тродимензионалног модела и вршење разних анализа над њим.



Предмет истраживања овог мастер рада је успостављање метролошког полигона за потребе еталонирања терестричко ласерских скенера и њихово метролошко испитивање.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру самог експеримента успостављена је мрежа ласерских сигнала за потребе метролошког испитивања терестричко ласерских скенера у метролошкој лабораторији Грађевинског факултета.



Класичним геодетским методама одређене су условно тачне координате постављених сигнала, имајући у виду стандардну вредност несигурности одређивања координата референтних сигнала ласерским скенерима.

Основни подаци о 1D мрежи

- Подаци о мерењима: о висинске разлике: 321;
- Укупан број тачака: 77;
- Број датих тачака: 1;
- Број мерених величина: 321;
- Број непознатих параметара: 76;
- Број сувишних мерења: 245;
- Дефект мреже: 0.

Основни подаци о 2D мрежи

- Подаци о мерењима: о станице: 5;
- о хоризонтални правци: 321;
- Укупан број тачака: 77;
- Број датих тачака: 2;
- Број мерених величина: 321;
- Број непознатих параметара: 155;
- Број сувишних мерења: 166;
- Дефект мреже: 0.

| статистика добијених резултата | минимална вредност | максимална вредност | средња вредност |
|--------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| σ_p [mm] | 0.3 | 0.7 | 0.5 |



Поред тога спроведена су мерења са три модела импулсних терестричко ласерских скенера. Добијени резултати су детаљно анализирани са освртом на декларисане мере несигурности појединачних модела скенера.



ИСПИТАНИ МОДЕЛИ СКЕНЕРА

| Произвођач / Модел | Прецизност | Резолуција | Брзина [тач/с] | Видно поље [°] | Домет [m] |
|----------------------------------|---|---------------|-------------------------|----------------|-----------|
| FARO Focus3D | Растојање: 2 mm / 25 m | 30" | 0.976 · 10 ⁶ | 360/305 | 120 |
| Leica Geosystems ScanStation p20 | Позиција: 3 mm / 50 m; 6 mm / 100 m; Растојање: 1.1 mm / 50 m Н/В правац: 8" Типске маркице: 2 mm | 0.8 mm / 10 m | 10 ⁶ | 360/270 | 300 |
| Leica HDS3000 | Позиција: 6 mm / 50 m; Растојање: 4 mm / 50 m Н/В правац: 12" Типске маркице: 2 mm | 1" | 4000 | 360/270 | 300 |

РЕЗУЛТАТИ

Анализа мерне несигурности

| Модел скенера | Мерна несигурност мерења | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|
| | дужине | хор. праваца | вер. праваца |
| FARO Focus3D | 2.5 mm | 1231.68 " | 59.31 " |
| Leica HDS3000 | 1.1 mm | 606.89 " | 95.43 " |
| Leica Geosystems ScanStation p20 | 1.7 mm | 284.06 " | 52.49 " |

Анализа 3D дужина између сигнала

| Модел скенера | FARO Focus3D | Leica HDS3000 | Leica Geosystems ScanStation p20 |
|---|--------------|---------------|----------------------------------|
| Стандардна грешка резултата мерења дужина | 2.5 mm | 1.1 mm | 1.7 mm |
| Стандардна грешка 3D положаја | 3.1 mm | 1.4 mm | 2.1 mm |

Анализа тачности података скенирања

| Модел скенера | Минимална вредност модула грешака | Максимална вредност модула грешака | Средња вредност модула грешака | Средња грешка резултата мерења | Стандардно одступање модула грешака у односу на аритметичку средину |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|
| FARO Focus3D | 0.6 mm | 3.2 mm | 1.6 mm | 1.7 mm | 0.7 mm |
| Leica HDS3000 | 0.5 mm | 3.8 mm | 2.0 mm | 2.1 mm | 0.7 mm |
| Leica Geosystems ScanStation p20 | 0.6 mm | 2.4 mm | 1.5 mm | 1.5 mm | 0.4 mm |

ЗАКЉУЧАК

Као што се из приложеног може видети, примењене методе анализе дају различите резултате. Разноликост резултата може бити последица неадекватног полигона за испитивање и избора маркица које учествују у испитивању.

| Модел скенера | FARO Focus3D | Leica HDS3000 | Leica Geosystems ScanStation p20 |
|--|--------------|---------------|----------------------------------|
| Стандардна грешка резултата мерења (анализа тачности података скенирања) | 1.7 mm | 2.1 mm | 1.5 mm |
| Стандардна грешка 3D положаја (анализа 3D дужина) | 3.1 mm | 1.4 mm | 2.1 mm |

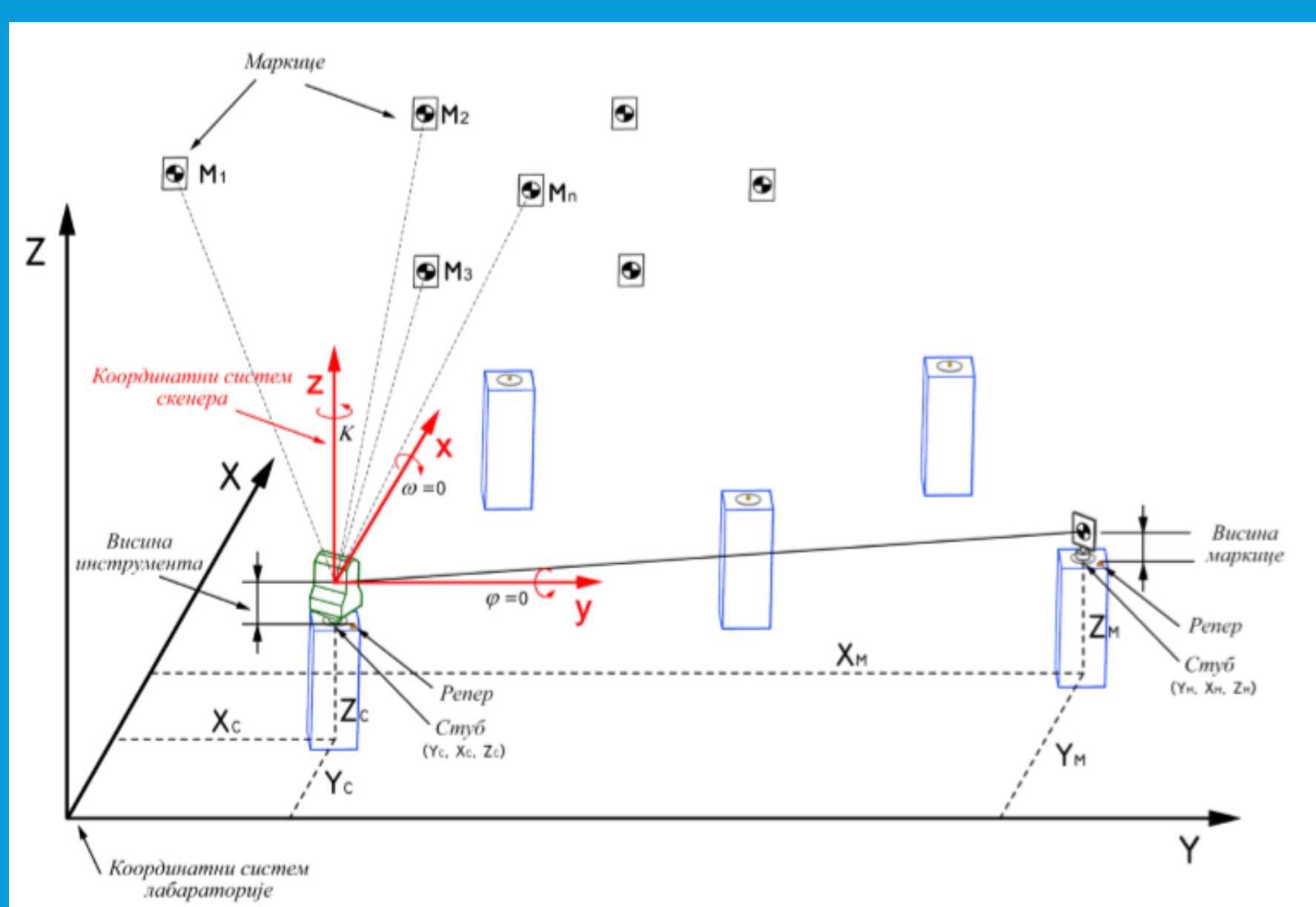
Метода терестричког ласерског скенирања се у све већем обиму употребљава у геодетском инжењерству, а и даље недостају потврђене методологије обраде мерених величина и критеријуми оцене квалитета постигнутих резултата. Такође, још увек не постоји стандард који би унифицирао декларисање карактеристика инструмената од стране произвођача као ни стандардизована процедура испитивања метролошких карактеристика скенера. Проналажење решења за претходно наведене проблеме представља смер у коме би ТЛС технологија требала да се развија.

ЕТАЛОНИРАЊЕ ТЛС-а

Еталонирање је скуп поступака којима се у одређеним условима успоставља однос између вредности величина које показује мерило или мерни систем и одговарајућих вредности остварених еталонима.



Основни циљ испитивања скенера у лабораторијским условима јесте утврђивање тачности резултата ТЛС опажања, тј. резултујућег облака тачака. Испитивање се обично изводи на прилагођеном полигону који се састоји од референтне мреже скенерских сигнала.



Анализа резултата се може извршити на више начина, а у оквиру експеримента који је реализован извршене су следеће анализе резултата:

- анализа мерне несигурности;
- анализа 3D дужина између скенерских маркица;
- анализа тачности података скенирања и статистички оцењивачи.

