



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Југославија
Деканат: 021 350-413; 021 450-810; Централa: 021 350-122
Рачуноводство: 021 58-220; Студентска служба: 021 350-763
Телефакс: 021 58-133; e-mail: ftndean@uns.ns.ac.yu



Сертификован
систем
квалитета



Студијски програм

Геодезија и геоматика

СЕМИНАРСКИ РАД

- Интегрисани Системи Премера -

Тема: Мобилно ласерско скенирање

Студент: Јелена Коцић

Бр. Индекса: о390

e-mail: jelena__91@hotmail.com

РЕЗИМЕ

Једна од најпопуларнијих тема у Лидар технологији је мобилно прикупљање података. Ласерски систем скенирања који се налази на покретној платформи са интегрисаним навигационим системом омогућава прикупљање високо прецизних облака тачака. Они садрже велику густину података која смањује могуће недоумице приликом интерпретације и осигурава потпуну покривеност терена односно објекта од значаја. Додатну сигурност да картирани подаци одговарају стварном стању на терену пружа визуализација у тродимензионалном простору. Предности оваквог система су велике брзине прикупљања података као и мањи трошкови новца и времена. Овим радом ће се представити само мобилно ласерско скенирање, предности и недостаци ове методе као и приказ инструмената у тренутној употреби.

Кључне речи: LiDAR, Laser scanning, Remote sensing, Street mapping

Садржај:

1. Увод.....	1
2. Основе мобилног терестичког ласерског скенирања.....	2
3. Примена	5
4. Процедуре и спецификације	6
4.1. Планирање мерења	6
4.2. Калибрација опреме и редувантност	6
4.3. Рад са подацима	7
4.3.1. Локалне трансформације и провера ваљаности	8
4.3.2. Испорука и документација	8
5. „Street Mapper“	10
6. Приказ инструмената у тренутној употреби	11
6.1. Мобилни ласерски скенери.....	11
6.1.1. RIEGL VQ-250 ласерски скенер.....	11
6.1.2. RIEGL VQ-450 ласерски скенер.....	12
6.2. Системи за мобилно ласерско скенирање.....	12
6.2.1. RIEGL VMX-450	12
6.2.2. RIEGL VMY-250-MARINE.....	13
6.2.3. Topcon IP-S2 Compact+	13
6.2.4. DYNASCAN – Laser Systems.....	14
6.2.5. Topcon IP-S2 HD Mapper	14
6.2.6. MX8 – TRIMBLE	15
6.3. Поређење система за мобилно ласерско скенирање	16
7. Примери	17
7.1. Железничка пруга.....	17
7.2. Путна инфраструктура	17
7.3. Урбано моделовање.....	18
7.4. Додатак	19
8. Закључак	20
Литература:.....	21
Попис слика:.....	21
Попис УРЛ-а:.....	22

1. Увод

Технологија ласерског снимања терена је нова технологија из области геодетског премера. Ласерски скенер прикупља податке у форми координата тачака у простору. На основу положаја скенера у простору извршена је категоризација ласерског скенирања па се могу разликовати: терестријално, из ваздуха и индустријско ласерско скенирање. Индустријско ласерско скенирање се врши са малог растојања ради скенирања индустријских делова (нпр. аутомобилски делови), људског тела, вајарских дела... Код скенирања из ваздуха скенер је постављен на летећу платформу (авион, хеликоптер или сателит), скенирају се терен, путеви, насипи, далеководи итд.

Терестријално ласерско скенирање се користи код скенирања фасада објеката, индустријских постројења, рудника, цевовода... Налази се близу површине терена а скенер може бити постављен на постоље или на покретну платформу; користи принципе фазног или пулног мерења растојања. Може се поделити на статичко и динамичко ласерско скенирање (мобилни систем скенирања) који налази примену у скенирању путева односно шина и снимања у покрету.

Мобилни систем представља информациону технологију, која је достигла свој врхунац са напретком у области навигационе и ГНСС (Глобални Навигациони Сателитски Систем) технологије која је омогућила одређивање позиције и оријентације покретне платформе са високом тачношћу; развоја електро-оптичких и механичких компоненти у ласерским скенерима као и развој софтверских алата за обраду и руковање великим скуповима података. Са интеграцијом наведених технологија у јединствен систем добија се технологија за картирање у реалном времену. Овакви системи се користе у разним областима са циљем добијања података о саобраћајној инфраструктури (путеви, железнице, бицикличке стазе...), о интелигентним транспортним системима и као помоћи у планирању.

Основне компоненте су један или више ласерских скенера, ГНСС пријемник и антена, инерцијални навигациони систем, мерач пређеног растојања и сензори за мапирање – камере. Саставни део система је и софтверски пакет развијен тако да омогућава ефикасну и брзу аквизицију и обраду података[3].

Као резултат обраде добијају се тачке и слике у виду обојених тачака – случај кад је потребна рапидна визуализација (војно обавештавање), односно софтвер за екстракцију објеката где се добијају векторске мапе као и базе података о објектима.

2. Основе мобилног терестичког ласерског скенирања

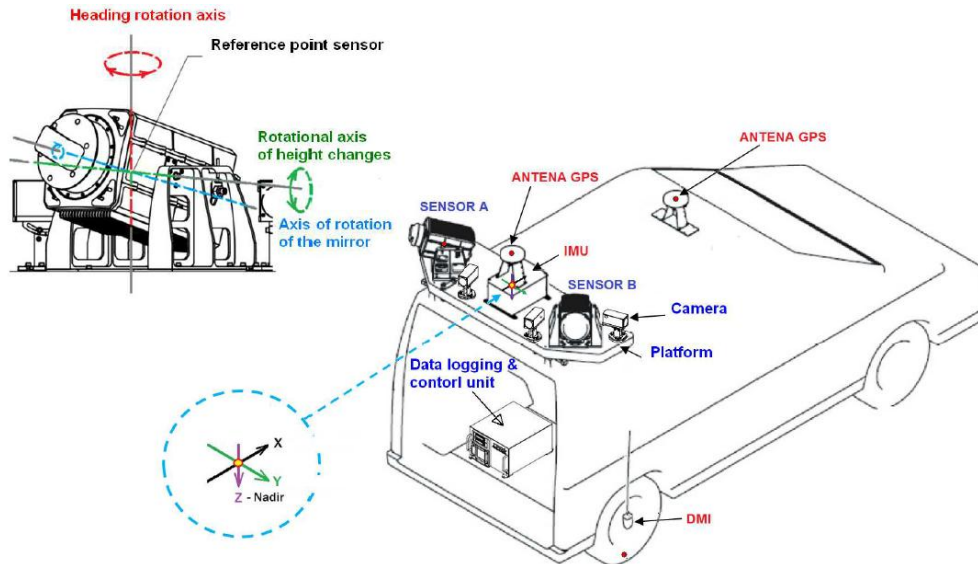
Мобилно терестичко ласерско скенирање (МТЛС) је систем који користи технологију ласерског скенирања са комбинацијом Глобалног Навигационог Сателитског Система (ГНСС) и другим сензорима ради добијања прецизних геопросторних података са покретне платформе. МЛТС платформе могу бити аутомобили, комбији, бродови и друге врсте возила (сл.1).



Слика 1 – МЛТС Платформе

Сигурност и ефикасност прокупљања података су главни разлози за коришћење ласерског скенирања. Главни потенцијал представља могућност добијања великог броја података у веома кратком временском интервалу, поготово на подручјима где је веома тешко прикупити податке традиционалним методама. Сензор за снимање може да подржи и видео у високој резолуцији или дигиталне фотографије и снимке.

МТЛС прикупља податке мерења ласером, непрекидно током сваког покретања скенирања. Положај и оријентација скенера одређују се користећи комбинацију података из ГНСС, инерцијалне мерне јединице и других сензора, као што су нпр. прецизни бројчаници. Инерцијална мерна јединица користи рачунар, сензоре покрета (акцелерометар) и сензоре ротације (жироскоп) да би континуално рачунала и регистровала позицију, оријентацију и брзину покретног објекта без потребе за спољним референцирањем. Инерцијална мерна јединица (ИМУ) се користи на возилима као што су су: бродови, подморнице, авиони, летелице... Она одређује промену положаја и оријентације X,Y,Z („roll“, „pitch“ и „yaw“) низа сензора између ГНСС опсервација и током периода смањеног или не постојећег сигнала ГНСС-а. Комбиновањем опсега скенирања, угла, позиције скенера и оријентације платформе, могу се израчунати и добити веома прецизне координате скениране тачке (сл.2) [1,2].



Слика 2 – Компоненте система

Постоји више принципа мерења растојања, могу се разликовати: мерење растојања засновано на времену или мерење растојања засновано на триангулацији. Код терестричког скенирања се користи принцип заснован на времену, па се ту могу разликовати мерење растојања преко времена путовања пулса и мерење преко фазне разлике. Скенери са мерењем растојања преко времена путовања пулса користе ласерске импулсе а не континуални ласерски зрак. Ови скенери се називају импулсни скенери. Електронско мерење времена је од изузетне вазности за овај начин мерења дужина.

Поновљивост пулса у комбинацији са дефлекцијом огледала скенера одређује меру прикупљања података. Густина тачака на површини представља функцију стопе прикупљања података и брзине кретања возила. Код најразвијенијих комерцијално доступних МТЛС система, брзина скенирања може бити од 50.000 до 300.000 тачака у секунди. Овим се омогућава прикупљање високо прецизних података са потребном густином тачака у веома кратком временском периоду[3]. Позиција скенера је одређена ГНСС процедурама коришћењем података прикупљених помоћу ГНСС антене монтиране на возилу и ГНСС базних станица. Подаци добијени помоћу ГНСС се комбинују са ИМУ подацима како би се добиле прецизне геопросторне позиције и оријентације скенера током процеса скенирања. Облак тачака генерисан помоћу ласерског скенера се региструје и оријентише односно геореференцира и може се комбиновати са дигиталним снимцима са камере у различитим софтверима (Сл.3). Оваква комбинација омогућује веома детаљан сет података.



Слика 3 – Облак тачака и слика

Основно питање приликом спровођења пројекта ласерског скенирања је избор одговарајуће резолуције. Резолуција [3] се дефинише као растојање између две, за редом, измерене тачке односно резолуција одређује густину тачака у скенираном облаку тачака. Избор резолуције се највише базира на најмањој величини детаља који треба да буде препознатљив на резултату скенирања. Избор веће резолуције значи да ће се више тачака снимити и да ће скенирање дуже трајати. Такође се повећава и количина рачунарске меморије потребна за складиштење скенираних података. Ако је изабрана резолуција већа него што је декларисана тачност мерења скенера то може довести до преклапања тачака и унети додатне грешке у процес обраде скенираних података.

Коначне вредности скенирања се онда упоређују са независним мерењима тачака. Разни произвођачи се тренутно ангажују на развој МТЛС технологије. Конфигурација скенера и сензора у великој мери варира од произвођача до произвођача. Различити мобилни системи имају различите нивое позиционе тачности услед извора грешке у сензорима и ГНСС окружењу.

3. Примена

Једно од кључних питања када се врши скенирање су циљеви клијената. Да би се у потпуности разумеле потребе клијента и његови захтеви треба знати разлог скенирања, шта су предмети испоруке (2Д планови, 3Д модели или 3Д анимације) и у ком облику се испоручују. На основу тога се могу разликовати следећи случајеви примене¹:

- Топографски премер
- Изведено стање
- Мостови
- Деформациона истраживања
- Судска медицина
- Проучавање путева и планирање премера
- Инвентар имовине и управљање
- Животна средина
- Анализа прегледности
- Земљани радови и истраживања (нпр. клизишта)
- Урбано мапирање и моделирање
- Анализа зоне ерозије

Следеће факторе треба размотрити приликом утврђивања да ли је прикладно користити МТЛС за одређени пројект:

- Безбедност
- Жељени резултати
- Временско ограничење
- Окружење ГНСС за прикупљање података
- Дужина / величина пројекта
- Доступност МТЛС система
- Обим саобраћаја и време могућности мерења

¹ http://www.dot.ca.gov/hq/row/landsurveys/SurveysManual/11_Surveys.pdf

4. Процедуре и спецификације

4.1. Планирање мерења

Пре почетка пројекта потребно је спровести планирање реализације пројекта и осигурати се да постоји довољно доступних сателита током прикупљања података и да ПДОП испуњава услове. Током прикупљања података треба да буде доступно најмање пет сателита ГНСС станици за контролу и ГНСС јединици у МТЛС систему. Поред тога, максимална ПДОП вредност током аквизиције би требала да буде пет. Треба обићи област пројекта и одредити најбоље време за прикупљање података како би се смањила прекомерна мерења непотребних објеката из околног саобраћаја, и идентификовати препреке које могу да изазову губитак ГНСС сигнала. Идентификација области у пројекту које имају слабу сателитску видљивост и развијање плана да се минимизира утицај на подацима, као што је густина мреже, обрада и валидација тачака су такође од изузетне важности.

4.2. Калибрација опреме и редувантност

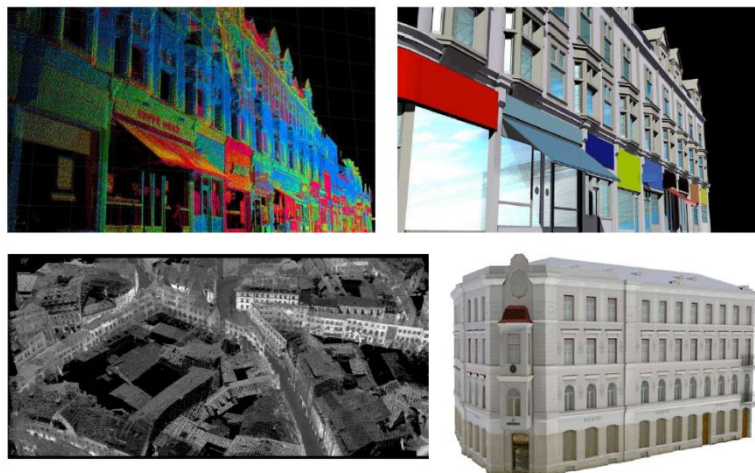
Пре и после прикупљања података МТЛС, сва опрема у систему треба бити калибрисана према спецификацијама произвођача. Процедуре за сензор трасе (усмеравања) врше се пре скенирања ако је систем растављен за транспорт. Неки системи могу захтевати локацију са релативно отвореним небом за извођење калибрације пре и/или после скенирања. То може бити једноставно попут паркирања на неколико минута да се прикупе статички подаци за сензор трасе, извођењем више скенирања објекта из различитих оријентација. Или се може на већој површини (нпр. паркинг) извршити серија маневрисања у облику броја 8. МТЛС прикупљање података врши на такав начин да се обезбеди вишак података. Подаци треба да буду прикупљени, тако да постоји преклапање, што значи да је потребно проћи више од једанпут у истом правцу (или у супротном) или се могу прикупити оба. Потребно је преклапање од минимум 20%.

Надгледање различитих компоненти и операција током сесије скенирања је важан корак током целог процеса. Оператор система треба да буде свестан и да примети када систем наиђе на тешкоће те да буде спреман да предузме одговарајуће мере у неповољним околностима. МТЛС опрема мора бити праћена у току прикупљања података, као и сви други фактори којима је потребан надзор:

- Деградиран или изгубљен ГНСС пријем.
- Пређена раздаљина или време које је прошло од изгубљеног сигнала или деградираног ГНСС пријема
- Правилно функционисање ласерског скенера.
- Брзина возила прилагођена жељеној густини тачака

4.3. Рад са подацима

Веома је важно проверити комплетност података још на терену, помоћу рачунара је могуће прегледати скениране тачке и мењати начин њиховог приказа да би се уочило да ли неки део недостаје. Пре обраде облака тачака скенер на које су утицали екстремни услови окружења или који су оптерећени grubим грешкама, треба уклонити из облака тачака. Обрада облака тачака представља процес трансформације сировог регистрованог облака тачака у коначни предмет испоруке. Предмети испоруке могу бити у великом броју различитих формата: очишћени облаци тачака, стандардни 2Д цртежи (планови, елевације, попречни пресеци), и/или 3Д модели са текстуром који се могу користити за креирање анимација (Сл.4). Резултат скенирања је огроман број тачака у простору, свака од њих има x, y, z координату и додатне атрибуте односно вредност рефлексије ласерске светлости. Неки од скенера пружају и информацију о боји у облику RGB вредности. Облак тачака може бити представљен цртањем свих тих тачака на екран, али то даје врло хаотичну импресију и корисник често има проблем да препозна структуре на таквом приказу. Када се те тачке обоје вредностима рефлексије или боје, целокупна структура постаје препознатљива[4].



Слика 4 – Предмети испоруке

4.3.1. Локалне трансформације и провера ваљаности

Различите врсте трансформација се могу користити на локалном нивоу. Најчешће је једноставно прилагођавање висинских вредности између успостављених локалних тачака и одговарајуће вредности из облака тачака. Локалне тачке за трансформацију треба поставити на почетак, крај, и равномерно их распоредити у пројекту. Контролне тачке се користе за проверу подешавања геопросторних података на локалним тачкама трансформације. Контролне тачке треба да буду постављене на почетку, крају, и равномерно распоређене током пројекта. За прецизна мерења, тачке за трансформацију треба постављати са обе стране трасе на локалном нивоу на максималних 1500 метара, док контролне тачке треба да буду са обе стране али у размацама не већим од 500 метара. За мање прецизна мерења трансформационе тачке се постављају на обе стране трасе на максималних 2400 метара а контролне на растојањима мањим од 800 метара [3]. Истраживања података тачака прикупљених коришћењем МТЛС се проверавају на различите начине, укључујући поређења скенираних тачака са контролним тачкама, разматрања дигиталног модела терена, прегледом профила, и поређења сувишних мерења. Сувишна мерења са МТЛС се једино могу постићи уколико се пролази више пута или помоћу пролаза са преклапањем.

4.3.2. Испорука и документација

Различити пројекти и клијенти захтевају различите врсте резултата. Једна од карактеристика и основних предности података ласерског скенирања је да прикупља, обрађује и доставља податке у дигиталном формату омогућавајући кориснику да генерише скен и производе за веома широк спектар апликација за наручиоца и изван првобитне намере. Документација је од суштинског значаја за геодетске радове. Документација пројекта скенирања мора јасно да покаже порекло података од обављене прве контроле до крајњих резултата.

Облик испоруке пројекта треба да буде специфициран у захтеву уговора, редоследу задатака, или захтеваног посла од стране добављача. Често и сиров облак тачака може да буде као коначна испорука (архивирање). Однос времена на терену и времена у канцеларији ће у великој мери варирати у зависности са сложености скениране трасе. Средства за екстракцију података (рачунари, програми, и обучено особље) морају стално бити на располагању. Путања података током целог процеса мора бити дефинисана, документована, проценљива, и да омогући идентификацију или измену. Сваки извештај, урађен од стране особе одговорне за премер (обично шеф групе), треба да садржи следеће опште информације, специфичне информације захтеване за сваки метод

истраживања, и све одговарајуће додатне информације, укључујући геопросторне метаподатке.

- Име пројекта и идентификација
- Датум пројекта, ограничења и намена
- Контрола и подешавања мерења
- Особље, опрема и методе премера које се користе
- Настали проблеми
- Све остале релевантне информације (као што су ГНСС опажања)
- Потпис и печат шефа групе или другог одговорног лица

Документација специфична за мобилно терестричко ласерско скенирање обухвата:

Контролу порекла:

- Примарна контрола
- Контрола пројекта
- Локалне тачке за обраду
- Контролне тачке
- Посматрања са базне станице (података, дијаграм препрека, атмосферски услови, итд.)

Контрола за регистрацију скенера:

- Локалне тачке за обраду
- Контролне тачке
- Извештај тачности ГНСС
- ГНСС видљивост сателита и ПДОП извештаји
- Тачност ИМУ
- Извештај о путањи

Извештаји о регистрацији:

- Резултати регистрације на основу маркера и преклапања облака тачака
- Резултати готових производа
- Геопросторни метаподаци фајлова који одговарају тренутним стандардима:
http://onramp.dot.ca.gov/gdmc/metadata_standards/MetadataStandards.pdf

5. „Street Mapper“

Представља систем за мобилно мапирање, служи за премер аутопутева, обалних линија, урбаних зона итд. Састоји се од неколико ласерских скенера, неколико геореференцираних камера, навигационог система високог квалитета (ИМУ, ГПС) (Сл.5). Користи добро проверену технологију ласерског скенирања да сними положај до 600.000 3Д тачака у секунди у покрету. Типична позициона тачност је боља од 2цм а тачност „point-to-point“ у оквиру података је 1цм. Систем је изузетно свестран и може бити монтиран на различитим возилима: комби (обично са високим кровом), аутомобил, квадроцикл (већи модели), чамац, воз...



Слика 5 – Систем за мобилно мапирање

Успостављена су два стандардна система: „StreetMapper 360“ и „StreetMapper Portable“ - преносни. „StreetMapper 360“ нуди 360 степени видног поља, мерни опсег од 300м и брзину скенирања од 300kHz по сензору, пружа велику прецизност перформанси и покривеност. Интегрисана дигитална камера високе резолуције може да се користи за снимање било слике или видео записа². „StreetMapper“ преносни систем нуди исте спецификације као систем „StreetMapper 360“, али је изграђен са лаганим системом монтаже и контроле и извором енергије. Компактан дизајн „StreetMapper“ преносни систем може бити упакован у само три средња кофера погодна и као пртљаг на аеродрому (Сл.6). Поред тога, интелигентни дизајн система омогућава да се инсталира или деинсталира у оквиру једног сата. Ово омогућава систему да се користи широм света³.



Слика 6 – „Street Mapper“ дизајн

² <http://www.igi.eu/sm-360.html>

³ <http://www.igi.eu/sm-portable.html>

6. Приказ инструмената у тренутној употреби

Технологија ласерског распрострања, максимални домет, видно поље, количина послатих импулса, фреквенција скенирања, тачност скенирања и густина тачака само су неки од индивидуалних карактеристика скенера. Неке од већих компанија које производе овакве скенере су TOPCON и TRIMBLE а неке мање су: OPTECH, RIEGL, MDL, SITECO, 3D LASER MAPPING и IGI које иначе производе геодетске инструменте и ласерске системе скенирања за потребе картирања.

6.1. Мобилни ласерски скенери

6.1.1. RIEGL VQ-250 ласерски скенер

"Пун круг" ласерски скенер *RIEGL VQ-250* (Сл.7) има веома велику брзину, бесконтактни мерни систем користи уски инфрацрвени ласерски зрак и механизам за брзо скенирање линија, омогућавајући пуно (360 степени) кретање зрака без икаквих празнина. Високе перформансе пулсног ласера, на основу испитаних сигнала, омогућују употребу мерења чак и под неповољним атмосферским условима.



Слика 7 - RIEGL VQ-250

Компактан и лаган скенер, монтира се у било којој ситуацији, па чак и под ограниченим условима простора на копнена возила, уређаја за мерење тунела, пловних објеката, итд. Инструменту је потребан само један извор напајања и пружа податке у виду дискретних линија скенирања, подаци се директно складиште на рачунарски систем преко интегрисаног ЛАН/ИП интерфејса. Бинарни ток података може лако да се декодира од стране корисника користећи доступну библиотеку. Погодан претежно за мобилно мапирање са разних покретних платформи, као што су аутомобили, железничка возила, бродови, чамци, итд. Карактеристике: Фреквенција мерења је 300 kHz, домет до 500м, тачност 10мм, има неограничен број одбитака и калибрисану рефлективност⁴.

⁴ <http://www.riegl.com/nc/products/mobile-scanning/produktdetail/product/scanner/22>

6.1.2. RIEGL VQ-450 ласерски скенер

V-Line "Full Circle" laser scanner RIEGL VQ-450(Сл.8) има веома велику брзину, бесконтактни мерни систем користи уски инфрацрвени ласерски зрак и механизам за брзо скенирање линија, омогућавајући пуно круг кретања зрака без икаквих празнина. Карактерише га стопа понављања ласерског пулса до 550 kHz и стопа скенирања до 200 линија у секунди. "Multi target" способност и могућност онлајн анализе нуди изванредне могућности мерења чак и под неповољним атмосферским условима. Карактеристике: Фреквенција мерења је до 550 kHz, домет до 800м, тачност 10мм, има неограничен број одбитака и калибрисану рефлективност⁵.



Слика 8 - RIEGL VQ-450

6.2. Системи за мобилно ласерско скенирање

6.2.1. RIEGL VMX-450

Мобилни Ласерски систем за 3Д прикупљање података са покретне платформе садржи два RIEGL VQ-450 ласерска скенера. Овај систем нуди изузетно високу тачност мерења пружајући густе, тачне, и богате могућностима податке чак и при великим брзинама кретања. На крову – носачу су интегрисана два ласерска скенера као и инерцијална јединица и ГНСС опрема, смештена испод аеродинамички обликованог заштитног поклопца (Сл.9). Добро осмишљена платформа омогућава веома лаку монтажу и подешавање и до шест дигиталних камера. Карактеристике система: X/Y прецизност позиције од 0.020 m, z позиција од 0.050 m, љуљање и нагиб („roll and pitch“) до 0.005 ° и прави смер („true heading“) до 0.015°. Целокупан процес монтаже не траје дуже од 10 минута и то овом систему омогућава постављање на разним платформама (нпр. брод, воз итд). Мерења се



Слика 9 - RIEGL VMX-450 систем

⁵ <http://www.riegl.com/nc/products/mobile-scanning/produktdetail/product/scanner/31>

могу пратити на екрану који је спојен на контролну јединицу која се налази унутар аутомобила.

6.2.2. RIEGL VMY-250-MARINE

Представња најновији развој у пољу мобилног мапирања, специјално је развијен за поморске намене. Садржи ласерски скенер RIEGL VQ-250 и опциони систем камера. (Сл.10)



Слика 10 - RIEGL VMY-250-MARINE

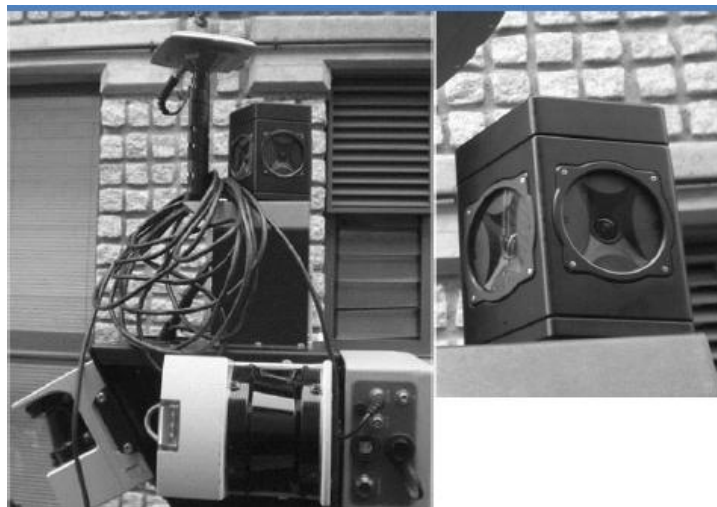
6.2.3. Topcon IP-S2 Compact+

Овај систем превазилази изазове мапирање линеарних функција на високом нивоу тачности. Тачне позиције возила добијају се користећи три технологије: двофреквентни ГНСС пријемник успоставља геопросторну позицију; инерцијална јединица (ИМУ) прати путању возила; а спољни енкодери на точковима дају тачно растојање (Сл.11). Ове три технологије раде заједно како би се одржала високо прецизна 3Д позиција возила чак и на местима где може доћи до нестанка сателитског сигнала од стране препреке као што су зграде, мостови, или дрвореди⁶. Карактеристике система: X/Y прецизност позиције од 0.015 m, z позиција од 0.025 m, љуљање и нагиб („roll and pitch“) до 0.020 ° и прави смер („true heading“) до 0.040 °. Способности снимања се базирају на „LADYBUG3“ јединици са више камера, која се састоји од 6 камера са прогресивним скенирањем боја (5 у хоризонталном кругу, једна на врху) са сензором од 2 Мрх. Ова јединица снима простор око себе са распоном од 360°(Сл.12).



Слика 11 - Компоненте система

⁶ <http://www.topconpositioning.com/products/mobile-mapping/ip-s2-compact>



Слика 12 - Јединица за позиционирање са мултикамером и скенером

Један од ласерских скенера је усмерен према простору испред возила, други према простору иза возила, док су остала два усмерена према простору на бочним странама возила. Скенери су постављени на тај начин како би осигурали континуирану серију профила удаљености и елевације.

6.2.4. DYNASCAN – Laser Systems

Овај систем се састоји од инерцијалне јединице, ГНС система и ласерског скенера спакованих у једно кућиште. Врло се лако монтира на различите платформе, домет му је 500м. Подаци који се добијају се могу обрађивати у већини програма за 3Д моделовање мада DYNASCAN укључује комплетан софтверски пакет за прикупљање и обраду података.

6.2.5. Topcon IP-S2 HD Mapper

IP-S2 HD Mapper (Сл.13) има интегрисан ротирајући ЛИДАР сензор са 64 унутрашња ласера који омогућавају снимање мете на удаљености од 100 метара. Сензор са 360 степени хоризонталног видног поља пружа потпуну покривеност подручја скенирања и са 30 степени вертикалног видног поља помаже минимизацији ласерске сенке. Систем са шест дигиталних камера производи 360 степени сферне фотографије на основу кориснички дефинисаног времена или на основу даљине. Висока густина HD Mapper система даје најбољу густину облака тачака доступних у мобилним системима мапирања данас⁷.

⁷ <http://www.topconpositioning.com/products/mobile-mapping/ip-s2-hd>



Слика 13 - IP-S2 HD Mapper

6.2.6. MX8 – TRIMBLE

Напредан мобилни систем који комбинује фотографско снимање и ласерско скенирање како би измерио посматрани објекат. Систем има четири главне компоненте: инерцијална мерна јединица која је "срце" система, рачунарски систем, ГНСС антена и јединица за мерење удаљености која прати ротацију тачкова како би побољшала позицију возила (Сл.14). Може се користити са ДГПС и РТК корекцијама или са софтвером за накнадну обраду који се може користити за филтрирање прикупљених података. Карактеристике система: X/Y прецизност позиције од 0.020 m, z позиција од 0.050 m, љуљање и нагиб („roll and pitch“) до 0.015 ° и прави смер („true heading“) до 0.020°. Овај систем садржи два RIEGL VQ-250 скенера и панорамски систем фотографисања који може имати до 6 камера са сензором од 5 Мрх.



Слика 14 - Систем TRIMBLE MX8

6.3. Поређење система за мобилно ласерско скенирање

Стандардни скенери бележе амплитуду повратног сигнала (интензитет) односно јачину повратног сигнала. Квалитет опада са растојањем а облаци тачака имају слаб контраст на већим растојањима од скенера. Код ласерских система Стрит Мапера рефлексивност се мери у децибелима и независна је од растојања, скенери су калибрисани у односу на белу дифузну површину и облаци тачака имају добар контраст на свим деловима. Уобичајена апсолутна тачност инерцијалне јединице је мања од 20мм при добрим ГПС условима (више од шест сателита са добрим ПДОП). Тачност може бити побољшана контролним тачкама и планирањем руте. Релативна тачност скенера је мања од 10мм.

Табела 1:

Карактеристике:	Систем за мобилно ласерско скенирање					
	RIEGL VMX-450	Topcon IP-S2 Compact+	Topcon IP-S2 HD Mapper	MX8 TRIMBLE –	DYNASCAN	STREETMAPPER
Фреквенција [kHz]	550	400		200	200	300
X,Y прецизност [m]	0.020	0.015	0.015	0.020	0.010	0.050
Z прецизност [m]	0.050	0.025	0.025	0.050	-	0.050
Љуљање и нагиб („roll and pitch“) [°]	0.005	0.020	0.025	0.015	0.050	0.004
прави смер („true heading“) [°]	0.015	0.040	0.040	0.020	0.100	0.010
Број камера	6	6	6	6		

*Торсон користи две различите инерцијалне јединице (AG58 i AG 60)

Из табеле изнад се лако може уочити да су X,Y,Z вредности највеће код система STREETMAPPER; систем DYNASCAN са најлошије показао са вредностима за љуљање, нагиб и смер (roll, pitch and true heading) док најбоље вредности за X,Y,Z има Topcon IP-S2 Compact+ али су му „roll, pitch and true heading“ међу лошијим решењима. Системи RIEGL VMX-450 и MX8 – TRIMBLE имају исте вредности позиционе тачности. Фреквенција се креће од 200 kHz до 600 kHz а скоро сви системи имају по шест камера. Цена оваквих система за ласерско скенирање (комплет садржи: ИМУ, ГНСС, ласерски скенер, дигиталне камере и контролну јединицу) може износити између \$500.000 и \$1.200.000 па и више за неке.

7. Примери⁸

7.1. Железничка пруга

Пројекат о прикупљању података железнице обављен од стране „Ortech Incorporated and Aerial Data Services“ у Оклахоми. Пројекат је имао за циљ да се стекне комплетан приказ укључујући жице, природне и вештачке препреке - дрвеће, тунели и мостови, и мапирање локације са високом тачношћу. Традиционалне методе премера би захтевале мерења на самој прузи, на шинама... Ова мерења одузимају пуно времена, захтевају интензиван рад а некад су и опасна. Насупрот традиционалним методама, методом ласерског скенирања, за прикупљање података треба пар сати уместо пар дана, сто доприноси мањим сметњама саобраћаја и резултује изузетно ефикасним прикупљањем података (Сл.15).

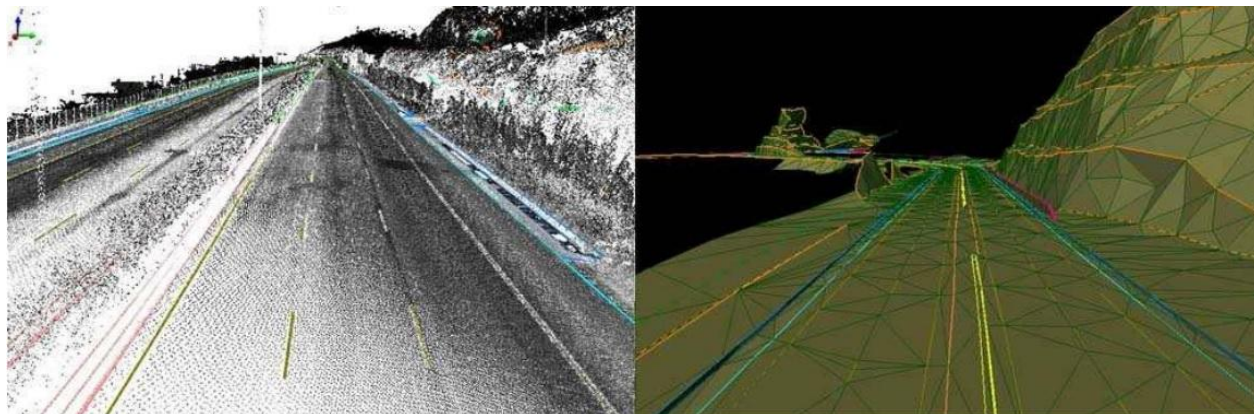


Слика 15 - Ласерско скенирање пруге

7.2. Путна инфраструктура

„Mobile Mapper“ пружа изузетан капацитет за брзо 3Д мапирање аутопутева. Један од првих пројеката, где се користе јединствене могућности за премер аутопута, спроведен је у марту 2008 у Грчкој на аутопуту који повезује Коринтхос до Атине, који је имао три траке. Циљ пројекта је добијање података за реконструкцију постојећих главних карактеристика (коловоза, структуре, нагиба, путоказа, стубова, итд), а као нови планирани нови радови на аутопуту предвиђена је изградња нове везе до аутопута и очување постојећих делова (Сл.16).

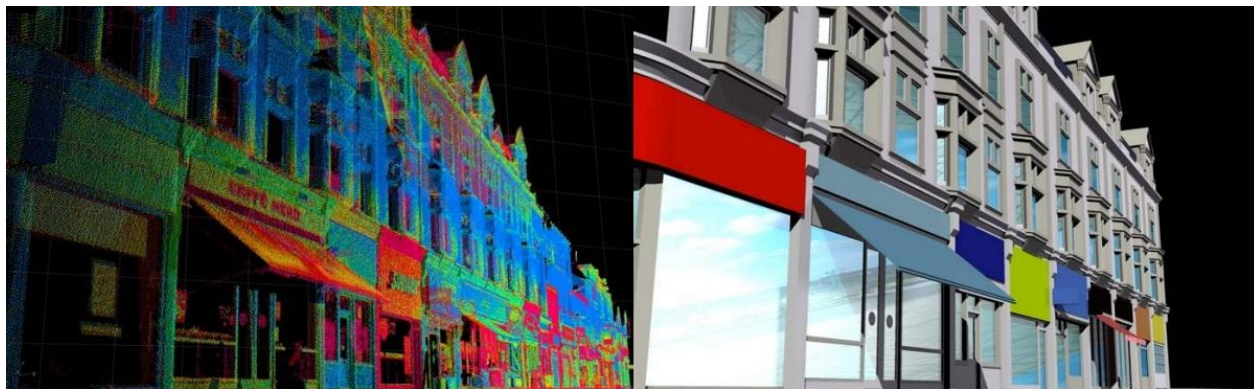
⁸ http://www.fig.net/pub/fig2009/papers/ts08e/ts08e_ussyshkin_3521.pdf



Слика 16 – Ласерско скенирање пута

7.3. Урбано моделовање

Ово истраживање је спроведено јануара 2008 у Лестеру, Енглеска. Циљ пројекта је био добијање верне реконструкције модела неких главних објеката од историјског значаја и архивирање комплетних података.



Слика 17 – Ласерско скенирање објеката

7.4. Додатак

Још неки пројекти који су рађени методом мобилног ласерског скенирања у свету:

- Лос Анђелес – снимање коридора

<https://www.sparpointgroup.com/uploadedFiles/News/PDF/SPAR2010harrisonfreckes.pdf>

Неки примери постављања опреме, прикупљања података и приказ обрађених података:

- Демо снимак RIEGL VMX-250 мобилним ласерским системом скенирања. Овај видео садржи податке прикупљене током представљања система у Хјустону 2010 године. <http://www.youtube.com/watch?v=xE2fVfBU2c>
- 3Д Мобилно ласерско скенирање пута на подручју Марока <https://www.youtube.com/watch?v=7CUutNyYnBE>
- Ротердам – као платформа је коришћен чамац <http://www.youtube.com/watch?v=Kxap-EanySE>
- Аустралија <http://www.youtube.com/watch?v=GFCvrjIYJWU>
- Немачка – као платформа је коришћен воз <http://www.youtube.com/watch?v=OgSoDmpINRE>

8. Закључак

3Д скенер је најмоћнији вишенаменски инструмент који се користи у праћењу природних и вештачких процеса. Време производње и обраде је веома кратко а производи су готово беспрекорни. Може бити користан за широк низ активности. До данас, коришћен је за динамичке анализе у геоморфологији (вододерине, клизишта, речне динамике...), археологији, архитектури, цивилном и војном инжењерству итд. Производи мапирања на основу различитих тумачења 3Д резултата скенирања су много прецизнији него они произведени коришћењем класичних метода.

Тренутно стање: Терестричко ласерско скенирање постаје стандардна метода, физички принципи побољшавају разумевање процеса мерења и резултата, карактеристике рачунања и издвајање прихватљивог квалитета, аутоматизација моделирања још увек није на задовољавајућем нивоу.

Будући правци: Сензори и системи: Пуни талас скенирања у ТЛС, кинематички ТЛС системи, интеграција сензора, побољшање опсега, резолуције и тачности, висока прецизност и побољшање камере, обрада података, геометријска и радиометријска калибрација, побољшање регистрације (аутоматизација и поузданост), боља аутоматизација и више алата за моделовање, чвршћа интеграција калибрације, оријентације и моделирања.

Конвенционалне методе су код неких мањих инфраструктурних објеката и даље у предности над ласерским скенирањем због броја радних сати које је потребно уложити да би се уопште могло изаћи не терен али у смислу радних сати и добијене тачности код снимања већих делова аутопутева ласерски скенер је исплативији.

Литература:

- [1] Wasklewicz T, Stanley D, Volker H, Whitley D S (2005) Terrestrial 3D laser scanning: A new method for recording rock art. INORA 41: 16-25
- [2] Schneider D (2006). Terrestrial Laser Scanning for Area Based Deformation Analysis of Towers and Water Dams. In: Proceedings 3rd IAG / 12th FIG Symposium, Baden, May 2006.
http://www.fig.net/commission6/baden_2006/PDF/LS2/Schneider.pdf
- [3] Kottke J (2009) An Investigation of Quantifying and Monitoring Stone Surface Deterioration Using Three Dimensional Laser Scanning. University of Pennsylvania Scholarly Commons.
http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1126&context=hp_theses
- [4] Bornaz L, Rinaudo F (2004) Terrestrial laser scanner data processing.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.64.8938&rep=rep1&type=pdf>
- [5] Caltrans JANUARY (2011) Terrestrial Laser Scanning Specifications *California Department of Transportation SURVEYS MANUAL*
http://www.dot.ca.gov/hq/row/landsurveys/SurveysManual/15_Surveys.pdf

Попис слика:

Слика 1 – МЛТС Платформе.....	2
Слика 2 – Компоненте система.....	3
Слика 3 – Облак тачака и слика	4
Слика 4 – Предмети испоруке.....	7
Слика 5 – Систем за мобилно мапирање.....	10
Слика 6 – „Street Mapper“ дизајн	10
Слика 7 - RIEGL VQ-250	11
Слика 8 - RIEGL VQ-450	12
Слика 9 - RIEGL VMX-450 систем.....	12
Слика 10 - RIEGL VMY-250-MARINE	13
Слика 11 - Компоненте система.....	13
Слика 12 - Јединица за позиционирање са мултикамером и скенером	14
Слика 13 - IP-S2 HD Mapper.....	15
Слика 14 - Систем TRIMBLE MX8.....	15
Слика 15 - Ласерско скенирање пруге.....	17
Слика 16 – Ласерско скенирање пута	18
Слика 17 – Ласерско скенирање објеката.....	18

Попис УРЛ-а:

- [url 1] http://www.dot.ca.gov/hq/row/landsurveys/SurveysManual/11_Surveys.pdf
- [url 2] http://onramp.dot.ca.gov/gdmc/metadata_standards/MetadataStandards.pdf
- [url 3] <http://www.igi.eu/sm-360.html>
- [url 4] <http://www.igi.eu/sm-portable.html>
- [url 5] <http://www.riegl.com/nc/products/mobile-scanning/produktdetail/product/scanner/22>
- [url 6] <http://www.riegl.com/nc/products/mobile-scanning/produktdetail/product/scanner/31>
- [url 7] <http://www.topconpositioning.com/products/mobile-mapping/ip-s2-compact>
- [url 8] <http://www.topconpositioning.com/products/mobile-mapping/ip-s2-hd>
- [url 9] http://www.fig.net/pub/fig2009/papers/ts08e/ts08e_ussyshkin_3521.pdf
- [url 10] <https://www.sparpointgroup.com/uploadedFiles/News/PDF/SPAR2010harrisonfrecks.pdf>
- [url 11] <http://www.youtube.com/watch?v=xE2fVFfBU2c>
- [url 12] <https://www.youtube.com/watch?v=7CUutNyYnBE>
- [url 13] <http://www.youtube.com/watch?v=Kxap-EanySE>
- [url 14] <http://www.youtube.com/watch?v=GFCvrjIYJWU>
- [url 15] <http://www.youtube.com/watch?v=OgSoDmpINRE>