

Евиденција стања простора узониградске депоније Смедерево

Стефан Марин



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Евиденција стања простора узониградске депоније Смедерево | Стефан Марин | | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006429>

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет



Завршни рад

Основне академске студије

**Евиденција стања простора у зони
градске депоније Смедерево**

Кандидат

Стефан Марин
бр. индекса Р193/13

Ментор

др. Игор Миљановић,
редовни професор

Београд, септембар, 2022.

Комисија:

1. др Игор Миљановић, редовни професор, ментор

Рударско-геолошки факултет, Београд

2. др Александар Ганић, редовни професор

Рударско-геолошки факултет, Београд

3. др. Александар Милутиновић, редовни професор

Рударско-геолошки факултет, Београд

Датум одбране: _____

РЕЗИМЕ

Аерофотограметријско снимање представља методу снимања терена која се данас све више примењује. Користи се за снимање већих површина и за снимање неприступачних делова терена. Ова метода снимања је коришћена приликом израде овог пројекта ради одређивања кубатура депоније у Смедереву.

У раду је презентована примена новијих технологија снимања које олакшавају и скраћују време прикупљања и обраде података са терена.

Кључне речи: *GPS, ласерско скенирање, дигиталне ортофото карте, GIS, фотограметрија, аерофотограметрија, депонија.*

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. НАЧИН СНИМАЊА	2
2.1. Ласерско скенирање терена.....	2
2.1.1. Терестричко ласерско скенирање (TLS)	4
2.1.2. Подела скенера према начину снимања.....	7
2.1.3. Ласерско скенирање из ваздуха (ALS).....	9
2.2. Фотограметријско снимање	13
2.3. Дигиталне ортофото карте	16
2.3.1. Дигиталне карте.....	16
2.3.2. Класификација дигиталних карата	17
2.3.3. Дигиталне ортофото карте	18
3. СОФТВЕРСКА ПОДРШКА МОНИТОРИНГУ СТАЊА ПРОСТОРА - ГИС.....	23
3.1. Главне области примене GIS-а :	25
3.2. Примери примене	25
4. ПРОСТОРНА АНАЛИЗА.....	28
4.1. Просторно повезивање и односи између фотограметријских снимака.....	28
4.2. Детекција и квантификација просторних односа.....	32
4.2.1. Разматрање система даљинске детекције	32
4.3. Утврђивање релација у простору.....	35
5. СПЕЦИЈАЛНИ ДЕО	37
5.1. Географско-економске карактеристике подручја и историја зоне градске депоније	37
5.2. Евиденција стања простора у зони градске депоније	38
6. ЗАКЉУЧАК.....	41
7. ЛИТЕРАТУРА.....	42
ПРИЛОГ	43

1.УВОД

Током претходног периода развила се свест да је, користећи нове, напредније технологије, потребно документовати, пратити и сачувати изглед појединих локалитета или објеката како би било могуће лакше праћење или рестаурација ако се појави потреба за тим.

Постоји више различитих метода прикупљања и документовања података са терена које се користе више или мање. Развојем компјутерске технологије, пре свега компјутерске визуелизације, прошириле су се могућности екстрактовања података са фотографија.

Фотограметрија нуди низ погодности када је у питању брзо документовање у односу на друге методе снимања. Бесконтактно снимање нуди могућност мерења великог броја тачака за кратко време и могућност даље анализе дигиталних резултата су само неке од предности у односу на класичне методе геодетског снимања.

У оквиру овог рада биће објашњен начин и детаљи који су коришћени приликом саме припреме терена за снимање депоније у Смедереву као и приказ фотограметријског софтвера Agisoft Photoscan, преко којег су обрађени снимци који су добијени аерофотограметријском методом снимања.

2. НАЧИН СНИМАЊА

2.1. Ласерско скенирање терена

Развоју технологије система за ласерско скенирање из ваздуха и са земље, допринела је појава Lidar-a (Light Detecting and Ranging) система у '70 год. прошлог века. Тада је Lidar систем коришћен за праћење различитих параметара у атмосфери, у океану, као и за многе друге намене, али никако за топографска мерења и мапирање терена. Платформе које су коришћене за ношење ових уређаја су углавном били авиони и сателити, па се Lidar систем данас повезује за ласерско скенирање из ваздуха.

GPS (Global Positioning System) је започео као тест програм 1973. године користећи земаљске радио пријемнике у америчкој војној бази. Први GPS сателити лансирани су 1978. године што је омогућило мерење три координате и брзине кретања корисника. Систем још увек није био тотално оперативан али се све више користио, како од стране војних, тако и од стране цивилних структура. Како су године пролазиле сам систем све све више усавршавао и постао је комерцијалан односно доступан целом свету. GPS се данас користи у саобраћају, грађевинарству, рударству, пољопривреди итд.

GPS се састоји од три одвојена сегмента:

- свемирског
- контролног
- корисничког

Систем GPS-а данас има 32 сателита, од којих 24 мора бити минимално оперативних да би цео систем био оперативан.

IMU (Internal Measurement Unit) је електронски уређај који мери и извештава специфичну силу тела, угаону брзину, а понекад и оријентацију тела,

користећи комбинацију акцелерометра, жироскопа, а понекад и магнетометра. IMU се користи за маневрисање авионима (референтни систем за положај и курс), укључујући и беспилотне летелице, између многих других, и свемирске летелице односно сателите. Наведени развоји омогућавају производњу GPS уређаја са подршком за IMU.

IMU омогућава GPS пријемнику да ради када GPS сигнали нису доступни, на пример у тунелима, унутар зграда или када су присутне електронске сметње.

Примена GPS (Global Positioning System) уређаја, данас GNSS-а (Global Navigation Satellite Systems) и IMU (Internal Measurement Unit) система у ваздушној фотограметрији довели су до убрзаног развоја ових система. За време деведесетих година прошлог века повећањем броја GPS сателита је пружена глобална покривеност, а технологија IMU система је напредовала захваљујући повећању интересовања за војне потребе. Сви ови фактори су утицали на појаву првих Lidar система који су са довољном прецизношћу прикупљали податке, који су касније могли да се употребе за мапирање терена и моделирање. Од почетка новог миленијума, технологија ласерског скенирања се користи као једна од прихваћених геодетских метода.

Ласерско скенирање терена данас представља једну од најмодернијих технологија које се користи за потребе масовног прикупљања просторних података у форми координата тачака у простору.

Технологија ласерског скенирања се базира на прикупљању три различита сета података. Позиција сензора се одређује применом Глобалног система позиционирања (GPS), користећи фазна мерења у режиму релативне кинематике (RTK), а употребом Инерцијалне мерне јединице (IMU) одређује се оријентација.

Последња компонента је ласерски скенер који емитује инфрацрвени ласерски зрак према земљи или објекту у зависности од тога шта је предмет снимања и ти зраци се одбијају од истих и враћају ка сензору, чиме се добија

растојање до објекта, вертикални и хоризонтални угао. Време за које се зраци емитују и врате до сензора, уз познавање оријентације и позиције сензора, омогућава тачно израчунавање тродимензионалних координата на Земљи.

Ласерско скенирање је алтернатива која се може применити у већини геодетских послова. Скенирање се одвија већ реченим методама, а продукт оваквог начина снимања је скуп тродимензионалних X Y Z координата тачака који се назива облак тачака.

Удаљеност између суседно снимљених тачака унутар облака конкретно зависи од близине снимања објекта и техничких карактеристика инструмента који се користи. Технологија је данас толико напредовала да већина скенера може снимити густе облаке тачака, толико густе да неки инструменти могу снимити тачке које су међусобно удаљене и до једног милиметра.

Ласерским скенером се током снимања може прикупити и неколико милиона тачака, зависно од обима снимања тако да вођење детаљнијих скица није потребно јер се из облака тачака могу јасно дефинисати сви облици снимљених објеката и на основу истих израдити топографски план.

Ласерско скенирање можемо поделити на:

- терестричко (земаљско);
- ваздушно.

Терестричко ласерско скенирање можемо још поделити на статичко и мобилно.

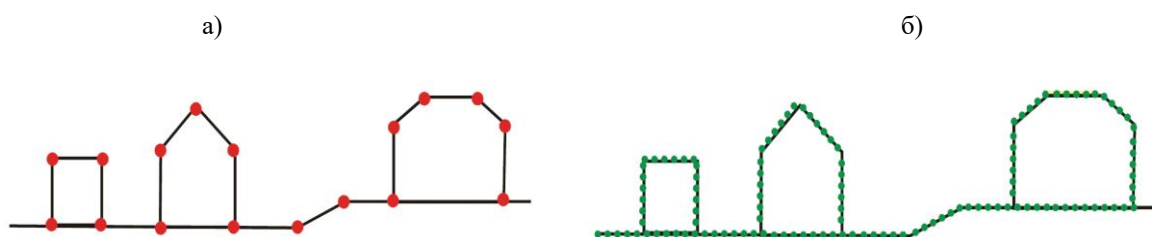
2.1.1. Терестричко ласерско скенирање (TLS)

Од када су се први терестрички 3D ласерски системи појавили на тржишту почетком '90 год. у овој области је направљен изузетан технички напредак. Последњих година ова метода снимања простора све више привлачи пажњу. Ова метода је веома ефикасна код добијања детаљних дигиталних слика како малих тако и великих објеката, па чак и читавих подручја мале и средње

површине. Принцип рада је веома сличан класичним геодетским инструментима са ласером. Разлике које би се ту издвојиле су брзина извођења мерења и у неким ситуацијама прецизност.

Терестричко ласерско скенирање можемо у основи поделити на стационарно терестричко скенирање и мобилно терестричко ласерско скенирање.

Стационарно терестричко скенирање се најчешће користи за потребе стандардне топографије, мониторинга, снимања културних и других објеката као и околине. Сам процес прикупљања података приликом статичког снимања се изводи са једне или више познатих станица чија се позиција у координатном систему одређује коришћењем GPS уређаја или тоталном станицом.



Слика 1. Снимање објеката класичним методама (а) и терестричким ласерским скенером (б).

Повећање прецизности приликом снимања објеката се постиже постављањем рефлектујућих маркица чија се позиција одређује неком од геодетских метода пре самог снимања ласером. Овако добијен снимак (облак тачака) се налази у локалном координатном систему и потребно је његово геореференцирање у познати државни координатни систем.

Последње генерације уређаја има интегрисан систем и ове кораке аутоматски обавља. Накнадна обрада података није потребна чиме се ризик људске грешке избегава.

Мобилно терестричко ласерско скенирање је скенирање које се обавља помоћу ласера који је прикачен на возило које се креће задатом рутом и том приликом прикупља податке.

Овакво возило од опреме садржи:

- ласерски скенер;
- дигиталне камере;
- GPS (пријемник и антену);
- мерни индикатор удаљености (DMI);
- инерцијалну мерну јединицу (IMU);
- контролну јединицу и одговарајући софтвер.



Слика 2. Изглед опреме која се монтира на возило.

Први системи оваквог снимања имали су тешку и гломазну опрему и појављују се 2004. године под именом StreetMapper.

Најшира примена оваквог система се користи код снимања улица, за снимање у густо насељеном подручју, снимање тунела, железница, обала, канала итд. Овакво снимање се упражњава када није могуће снимање статичком или ваздушном методом.

Временом је опрема напредовала и данас имамо компактнију и лакшу опрему која се без већих проблема монтира на аутомобиле или бродове, зависно од намене.

2.1.2. Подела скенера према начину снимања

Терестрички ласерски скенери се могу поделити у три групе, и то:

- Скенери-камере: имају ограничен угао снимања по хоризонталној и вертикалној оси. Имају велику сличност као фотограметријске камере, што значи да скенирају све у тренутном положају у ком се налазе. Овакви скенери имају недостатак широко угаоног скенирања али зато тај недостатак надокнађују великим дометом снимања који износи и до 1000 m.

Моделу су: CYRA 2500 (LEICA) или ILIRIS (OPTECH).

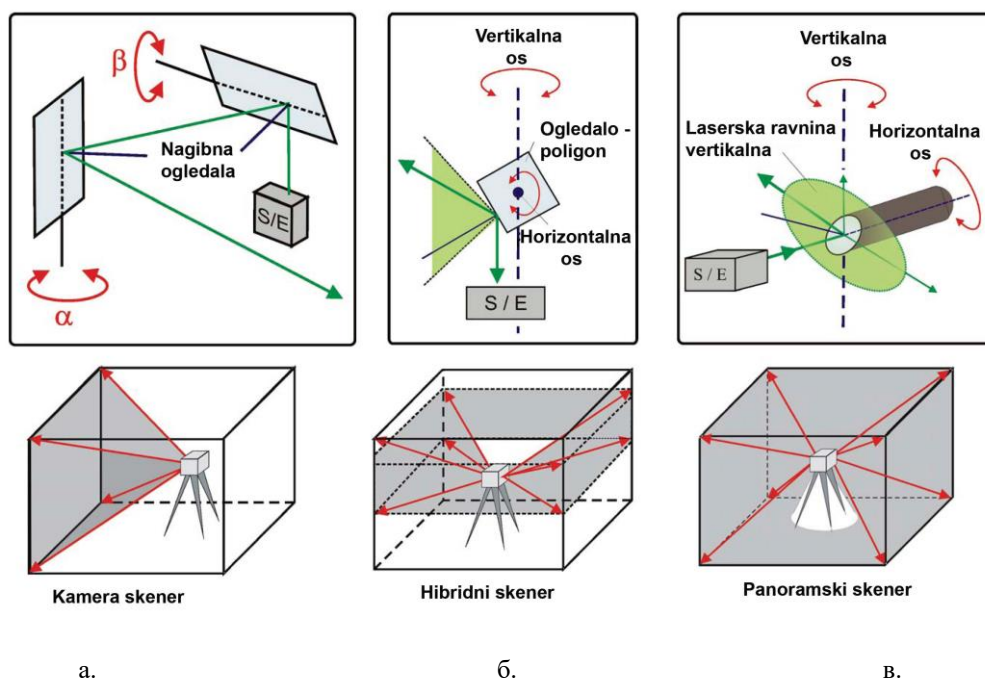
- Панорамски скенери: овакав начин скенирања је ограничен само базом инструмента, што значи да скенира све око себе, осим подручја испод постоља где се налази у тренутку снимања. Предности овог типа скенера је њихова брзина прикупљања података и величина површине скенирања. Недостатак је мали домет и њихова употреба је ограничена на снимање унутрашњости објеката.

Моделу су: IMAGER 5300 (Zoller+Frohlich) или HDS4500 (LEICA).

- Хибридни скенери: простор снимања по хоризонталној оси је 360 степени, а по вертикалној је 60 степени. Хибридни скенер садржи и ротирајућу призму, која се окреће око хоризонталне осе. На овај начин се добија снимак $60^\circ \times 360^\circ$. Због своје свестраности оваква врста скенирања се најчешће користи у геодетској пракси. Моделу су: GX (TRIMBLE) или LMS Z 360 (RIEGL).

Proizvođač / Model		Preciznost	Rezolucija	Brzina [tač./s]	Vidno polje [°]	Do-met [m]
Leica Geosystems Scan Station C10		Pozicija: 6 mm/50 m Rastojanje: 4 mm/50 m H/V pravac: 12" Model: 2 mm Tipske markice: 2mm	1 mm	50000	360/270	300
Riegl VZ-400		Pozicija: 5 mm/100 m	1.8"	42000 122000	360/200	600
Zoller+ Fröhlich IMAGER 5010		Rastojanje: 1.2 mm/50 m, 3.8 mm/100 m H/V pravac: 25" Model: 2 mm	V: 1.4" H: 0.7"	1.016 x 10 ⁶	360/320	187
Trimble CX 3D		Pozicija: 4.5 mm/30 m, 7.3 mm/50 m Rastojanje: 1.2 mm/30 m, 2 mm/50 m H/V pravac: 15"/25" Model: 3 mm	7"	54000	360/300	80
FARO Focus3D		Rastojanje: 2 mm/25 m	30"	0.976 x 10 ⁶	360/305	120
Optech ILRIS-3D		Rastojanje: 4 mm/100 m H/V pravac: 16.5"	4"	-	40/40	1200

Слика 3. Карактеристике комерцијалних TLS који се користе у инжењерској геодезији.



Слика 4. Примери снимања скенера: а) камера скенер; б) хибридни скенер; в) панорамски скенер.

2.1.3. Ласерско скенирање из ваздуха (ALS)

Почетак развоја ласерског скенирања из ваздуха је била да омогући квалитетно мерење подручја где је примена класичних топографских метода мерења отежана или није била изводљива. Прве примене ALS-а су биле углавном базиране на снимању шумских подручја и површина неодређене контуре.

Развијањем технологије ласерског скенирања из ваздуха проширила се и његова примена, не само на снимање подручја која нису приступачна већ и на просторну визуализацију, просторно планирање и запажање промена.

Неки од основних задатака ласерског скенирања из ваздуха су:

- Топографија;
- Дигитални модели градова;
- Одређивање кубатура код површинских копова и депонија;
- Праћење обала.

Ова технологија снимања се другачије назива и Lidar (Light Detection and ranging). Овом методом снимања могуће је у кратком временском року детаљно измерити терен и све објекте који се налазе у том тренутку на површини терена.

За ласерско скенирање из ваздуха користе се покретне платформе као што су авиони, хеликоптери и сателити. На овим покретним платформама налазе се исти уређаји и опрема које имамо на мобилним терестричким возилима за ласерско скенирање, а то су ласерски скенери, камера, GPS, IMU јединица и контролна јединица. Саставни део ових компоненти и опреме је и јединица за прецизно мерење времена у наносекундама.

Lidar системи снимања углавном раде по принципу пулсног мерење дужина. Овакав тип рада је неопходан због тога што саме платформе лете на преко 200 m висине.

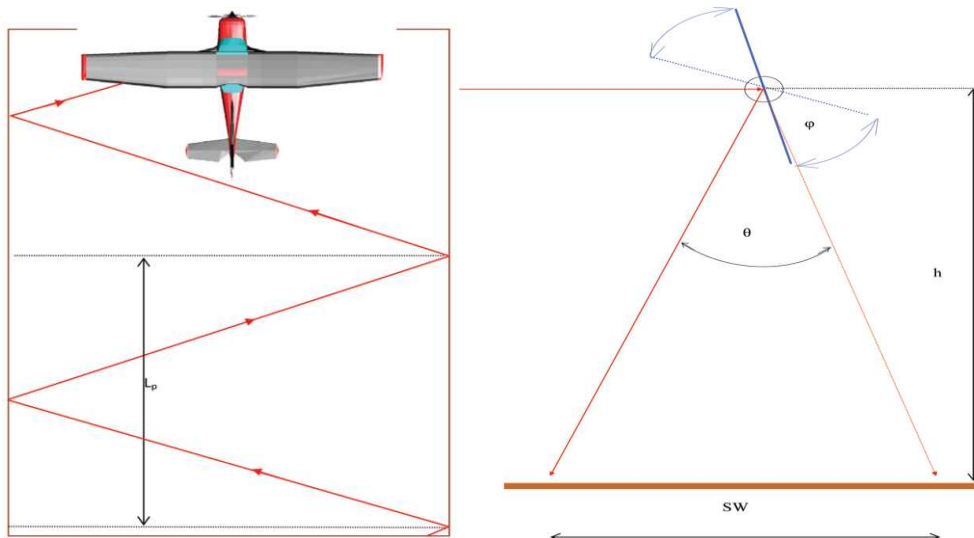
Начин снимања је такав да ласерски скенер емитује пулс, сваки има одређени угао и време емитовања, затим се очита одбијена енергија истог тог пулса и забележи се време детекције одбитка.

Да би се тачно одредила тренутна позиција и оријентација приликом ваздушно ласерског скенирања, за сваку измерену просторну тачку потребно је извршити повезивање између GPS-а и IMU система у POS систем (Position and Orientation System). Због тога неке компаније нуде уређаје са већ инсталираним решењима и софтверском подршком са циљем постизања највеће могуће тачности.

Покретна платформа носи LiDAR систем и довољно је да се ласерски зрак одбије само у попречном правцу, а да се самим тим добије и задовољавајућа покривеност. Због тога се у ваздушно ласерском скенирању углавном користе једноосни скенери. Постоји доста различитих конструкција механизма за скенирање и свака од њих носи неку специфичност током снимања.

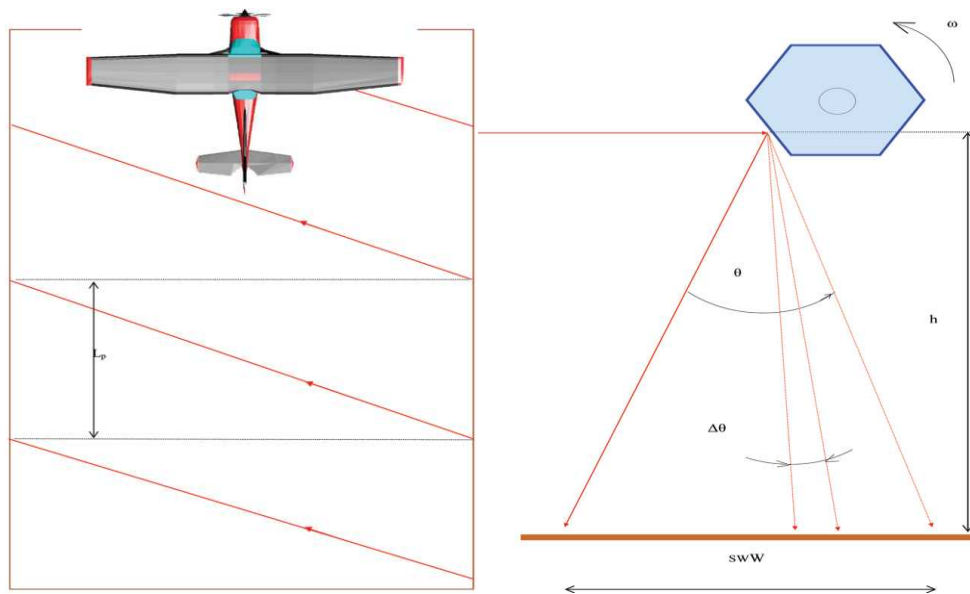
Најчешће се користе конструкције као што су:

- Скенер са покретним огледалом;



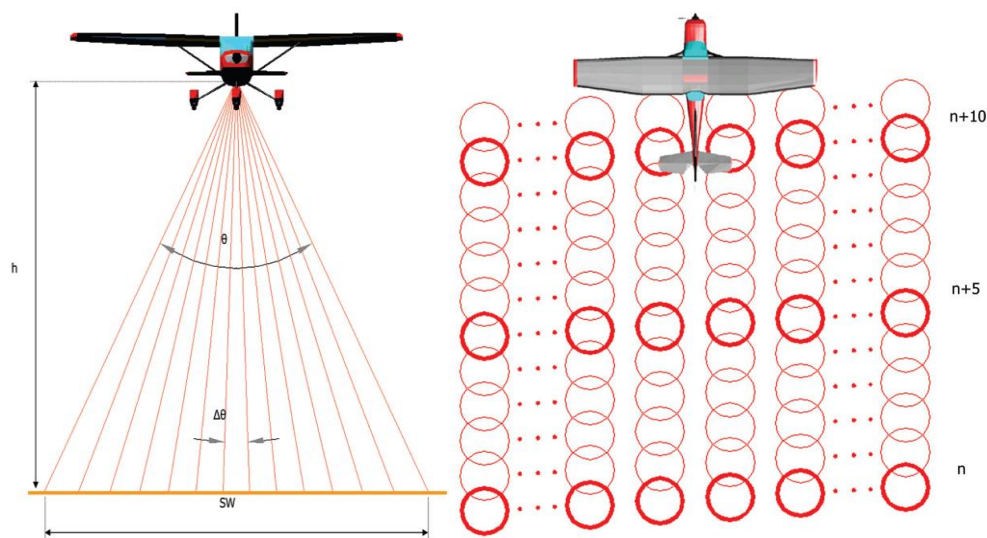
Слика 5. а) Скенер са покретним огледалом (геометрија и принцип снимања).

- Скенер са ротирајућом призмом;



Слика 5. б) Скенер са ротирајућом призмом (геометрија и принцип снимања).

- Оптички скенер.



Слика 5. в) Скенер са стакленим влакнима (геометрија и принцип скенирања).

Пре самог летења, треба утврдити руту кретања покретне платформе и унети те податке у одређене уређаје које носи током лета. Сам поступак прелетања терена се одвија у тзв. тракама, чије преклапање мора износити минимално 30%, а ако се снима неприступачан односно стрм терен преклапање трака треба износити минималних 50%. За снимање густо насељених подручја односно градова, преклапања су чешћа и из више различитих углова.

Висина лета варира и може се кретати од 200 m до 300 m, док је по насељеним пределима висина летења већа због безбедности.

Сама технологија LiDAR-a је напредовала до те мере да се по вертикалној оси прецизност креће од 10 cm до 20 cm, а по хоризонталној од пар центиметара до 1 m. Квалитет добијених података мења се са висином летења, што се лети ближе површини земље подаци су прецизнији, такође вредност података варира и ако се лети мањом брзином и са што мањим углом скенирања терена.

Ваздушно ласерско скенирање или LiDAR поседује значајне предности у односу на друге методе мерења и скенирања. Неке од тих предности су:

- висока прецизност вертикалне и хоризонталне осе;
- сви излазни подаци су са познатим координатама;
- прикупљање података у неприступачним пределима;
- мањи број људи приликом трајања целог пројекта;
- лака израда 3D модела објеката и градова;
- велики број података тзв. облак тачака.



Слика 6. LiDAR.

Поред свих предности овакви сложени системи имају и мана, неки од њих су:

- проблеми приликом снимања густе вегетације због смањене могућности ласерског зрака за пробијањем кроз густу крошњу;

- висока цена коришћења оваквог система скенирања;
- резултати скенирања су велике датотеке мерених података;
- захтева рачунар са високим перформансама за обраду података.

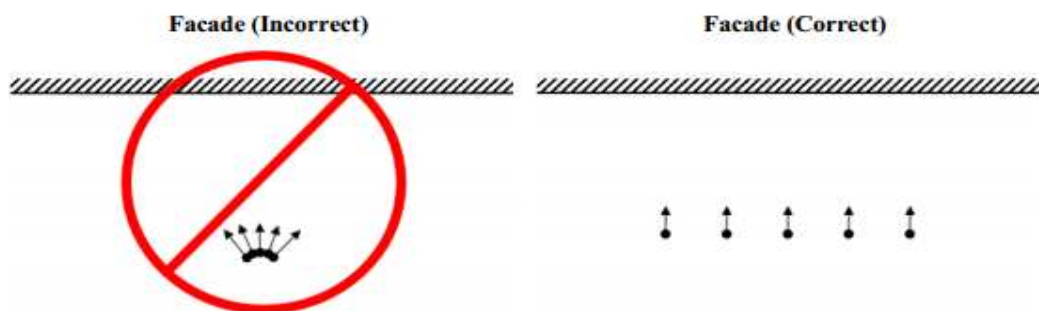
2.2. Фотограметријско снимање

Фотограметрија је метода која користи фотографске снимке за мерење растојања. Основа која се користи приликом фотограметријског снимања јесте триангулација.

Фотограметрија се примењује у разним пословима, приликом топографског мапирања, у геодезији, рударству, грађевинарству, екологији итд.

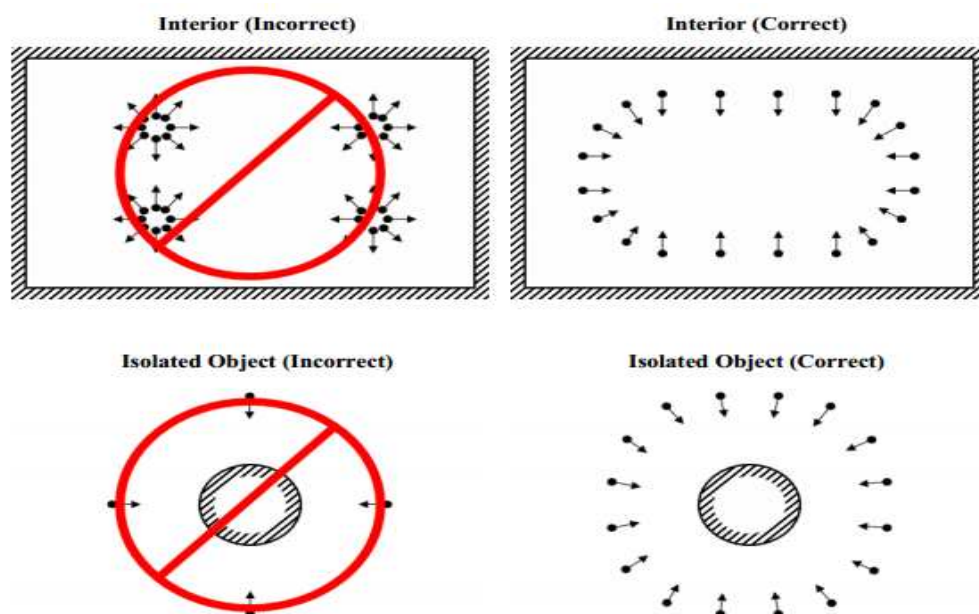
Према локацији места снимања, постоји разлика између аерофотограметрије, којом се снимају објекти помоћу фотоапарата који је причвршћен за доњи део летелице, односно авиона, дрона, сателита, на овај начин се прикупљају подаци о објектима или било којим појавама на површини Земље. Овакав вид снимања се примењује код неприступачних предела и предела великих површина за које постоји економска исплативост пројекта за оваквом методом снимања.

Други тип снимања је терестричка или земаљска фотограметрија, тада се објекти снимају са земље и овакав вид снимања се примењује код мање захтеваних површина за снимање. За снимање се најчешће користе специјалне камере за ту намеру које су калибрисане и помоћи којих се лакше одређује оријентација снимка. Објекти који се налазе у непосредној близини се снимају стереоскопски стерео камером, а снимање из ваздуха се изводи аутоматским ваздушним камерама.



Слика 7. Приказ неисправног и исправног снимања фасаде.

Како би се добили што је могуће бољи снимци потребно је обратити пажњу на више детаља. Један од главних правила је да фокус приликом прикупљања снимак за један пројекат мора бити константан и не сме се мењати. Треба избегавати фотограметријско снимање сјајних, глатких површина, као и стаклене објекте. Ако се у пројекту захтева снимање оваквих површина треба изабрати најбоље услове за снимање, а то је облачно време како би се умањило ризик од одсјаја површине. Приликом снимања треба се трудити да у позадини слике буде што мање других објеката који нису интересна сфера за пројекат. Приликом снимања увек треба направити више снимака како би се избегли мртви углови приликом креирања 3D модела.

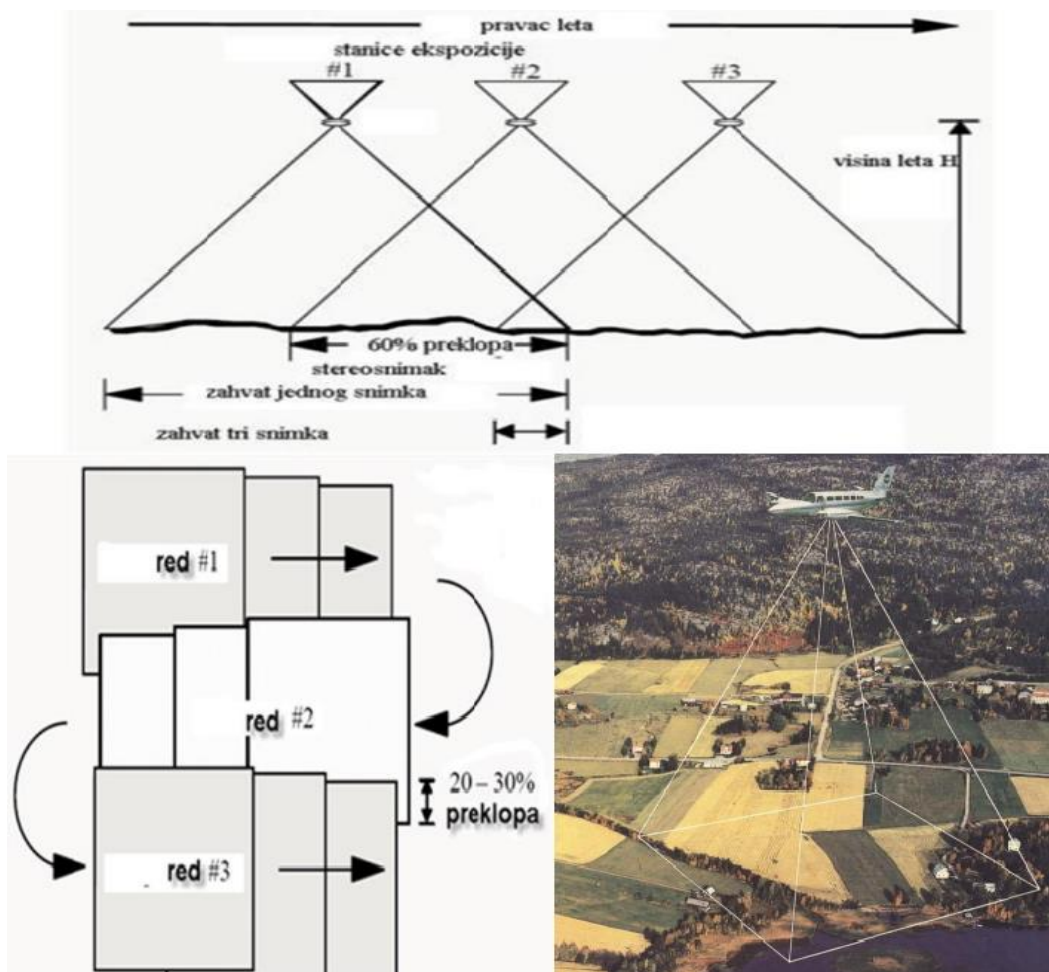


Слика 8. Приказ неисправног и исправног снимања унутрашњости објекта и изолованог објекта.

Када говоримо о аерофотограметрији, препорука је да се снимања изводе када су временски услови оптимални односно када нема претерано јаког струјања ваздуха. Идеално време снимања би било око поднева када се сунце налази у зениту и када су сенке које прави најкраће. Треба узети у обзир и годишње доба када се снимање терена изводи, а то је током почетка пролећа и у позну јесен, јер је тада вегетација најмања. Ретко када се дешава на терену да услови буду идеални за снимање као што то теорија налаже.

Сам процес извођења аерофотограметрије можемо поделити у три фазе, и то:

- припрема терена за снимање;
- обрађивање добијених снимака;
- израда топографског плана.



Слика 9. Подужни и попречни преклоп аероснимка.

Пре самог почетка аероснимања потребно је одредити план летења изнад интересне површине, дефинисати параметре снимања, односно висину лета, подужни и попречни преклоп снимка, тачност координата оријентационих тачака, размеру снимања, број снимака по задатој линији летења.

Приликом неког уобичајеног снимања, подужни преклоп снимка износи $p = 60\%$ а попречни преклоп је $q = 30\%$. Зависно од конфигурације терена који је предмет снимања ови параметри могу да се коригују.

Опрема која се користи за аерофотограметријско снимање:

- аерофотограметријска камера са постољем;
- уређај за контролу преклопа и обухватања;
- контролна јединица;
- уређај за компензацију кретања слике (FMC);
- резервна меморија (ако је потребно);
- GPS и IMU-систем (ако је потребно).

2.3. Дигиталне ортофото карте

2.3.1. Дигиталне карте

Сама израда дигиталног ортофотоа представља један од најекономичнијих и најефикаснијих начина да се дође до ажурних подлога. У односу на класичне начине израде картографских подлога, дигитализацијом се скраћује време израде карте, олакшан је поступак евентуалних корекција, ажурирање, коришћење карте и сл. Напредак у области фотограметријских камера и фотоматеријала омогућио је израду подлога са врло високим нивоом детаљности. То све зависи од самих потреба за које се израђује дигитални

ортофото. Постоје још неке предности дигиталног ортофото плана у односу на класичне картографске подлоге, било да су оне у аналогном или дигиталном облику, а то је у далеко већем богатству информација које су садржане на њему. Развој дигиталне ортофотопродукције је све већи и прати развој технике, превасходно развоја рачунарске технике и софтвера за обраду слике. Бављење фотограметријом уопште било је на самом почетку веома скупо јер је било потребно поседовати изузетно скупу опрему и значајније ресурсе, међутим са наглим технолошким развојем омогућено је да се овом праксом баве и мање организације.

Са лансирањем нових сателитских мисија са врло високом осетљивошћу сензора и доступности производа са различитим нивоима обраде, као и развој потпуно нових техника као што су радарска и ласерска метода снимања, значајно су утицале на примену дигиталног ортофотоа у разним дисциплинама.

2.3.2. Класификација дигиталних карата

Дигиталне карте се могу поделити у две основне групе и то:

- статичке (приказ карте на екрану није у покрету);
- динамичке (приказ карте на екрану је у покрету).

У обе групе се могу разликовати оне карте код којих постоји могућност неке интеракције са картом или је доступан само њен преглед.

Увођењем ваздушних дигиталних снимака који помажу при добијању података о терену можемо да поделимо на:

- Реституцију (геометријски податак и друге информације које су приказане у снимку);
- Обрада снимка (процес филтрације мање битних података на снимку).

Свако пребацивање фотографије у дводимензионалну добијамо дигитални податак. Фотограметријска метода захтева дигитални садржај са што већим геометријским читањем, а све ово повећава потребу за већим капацитетом меморије.

Пиксел представља најмању величину на дигиталној слици.

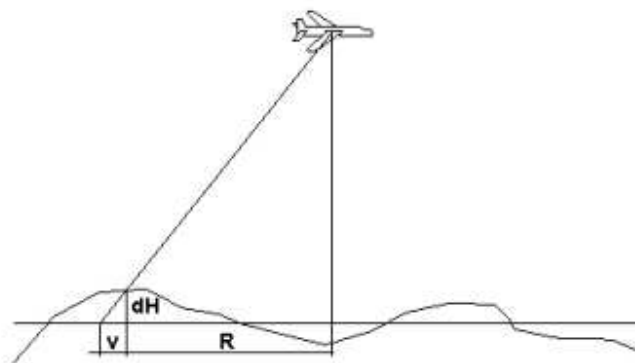
2.3.3. Дигиталне ортофото карте

Један од резултата фотограметријског снимања је дигитална ортофото карта на којој је приказана потпуна топографија терена у ортогоналној пројекцији. Дигитални ортофото је фотографија која је геометријски исправљена из централне у ортогоналну пројекцију и представљена је у дигиталном формату. Овим начином снимања и касније обрадом, настаје план који одговара фотографији, али која садржи све елементе као да је рађено класичном методом мерења.

Сваком пикселу дигиталне слике одговара једна тачка на терену. Као што се види са слике, за сваку тачку терена, неопходно је утврдити корекцију v , а затим и потребну корекцију за одговарајући пиксел дигиталне слике. Ове корекције су у функцији елемената спољне оријентације снимка, растојање R посматране тачке од надира снимка и висинске разлике dH . Надир представља најнижу тачку на небеској сфери. Као што се са слике може закључити ове корекције су пропорционалне удаљености дате тачке терена од надира снимка и висинској разлици.

Дигитална ортофотопродукција може започети на један од следећих начина:

- аерофотограметријским снимањем са класичним аерофотограметријским камерама;
- аерофотограметријским снимањем са дигиталним аерофотограметријским сензором;
- набавком сателитских снимака различитог нивоа обраде.



Слика 10. Принцип орторектификације.

Први начин је највише био коришћен у блиској прошлости, док су још увек дигиталне камере биле веома скупе. Код ове методе највећи проблем су правили скенери који су били на једној страни скупи, гломазни, а на другој страни су били конвенционални скенери који су јефтинији али имају своје мане. Када је реч о снимању са дигиталним сензорима треба истаћи да се ради о савременој методи која је још увек у развоју али и све више присутна на тржишту. Треба истаћи да дигитални сензори пружају нове могућности у односу на снимање класичним камерама, од којих су најзначајније:

- елиминисање потребе за набавком фотоматеријала и фотолабораторијском обрадом;
- елиминисање потребе за скупим фотограметријским скенерима;
- истовремено снимање у колору, панхроматском и инфрацрвеном моду;
- сваки део терена на три дигиталне слике, са различитих позиција и сл.

Сведоци смо појаве најновије генерације сателита који су у земљиној орбити понели оптичке сензоре способне да обезбеде дигиталне слике резолуције од 1 m и ниже. Резултати ових мисија су на располагању свим заинтересованим корисницима и то у различитим облицима.

Технологија израде дигиталног ортофотоа на основу аерофотограметријског снимања састоји се из следећих технолошких целина:

- израда пројекта аерофотограметријског снимања;
- припрема терена (откривање и сигнализација оријентационих тачака);
- снимање и обрада добијеног материјала;
- скенирање снимака;
- одређивање оријентационих тачака;
- аеротриангулација блока;
- мерење и формирање DMT-a;
- орторектификација снимка;
- балансирање и мозаиковање снимака;
- картографска обрада.

На следећој слици се виде основне фазе израде једног дигиталног ортофотоа:



Слика 11. Основне фазе израде ортофотоа.

Мерење и формирање дигиталног модела терена (DMT-a) представљају најзахтевнију фазу рада када је у питању ангажовање људских ресурса. Она је посебно отежана у градским срединама, за које се може и очекивати највеће интересовање за ортофотоом код нас. У оваквим условима и најсавршенији

софтвери за аутоматско мерење DMT-а применом дигиталне корелације слике не даје задовољавајуће резултате, па је потребно уложити велику количину мануелног рада да би се резултати побољшали. Аутоматска метода која се користи да софтвер сам проналази тачке на снимању је "image matching". Пракса је да се пусти софтвер да сам мери у неким областима у којима је то могуће, а да се затим мануелно прође и прогусте са мерењима где је то потребно.

Мерење и формирање DMT-а је осетљиво и са аспекта избора одговарајуће тачности дигиталног модела терена тј. количине мерења која ће обезбедити захтевану тачност дигиталног ортофото снимка. Добра ствар је што се након завршене ортофотопродукције, може пласирати до заинтересованих корисника, а може се користити и у комбинацији са ортофото снимком.

Термином "true ortofoto" дефинише се ортофото на којем су и објекти који нису дефинисани дигиталним моделом терена преведени у ортогоналну пројекцију. Као и код DMT-а јављају се грешке пресликавања објеката услед централне пројекције, тако да се овде прикупљају подаци изграђених објеката и од тога се прави дигитални модел објеката (DBM- digital building model). Подаци се прикупљају картирањем рубних линија врхова објеката. Подаци се затим вертикално пројектују на дигитални модел терена и настаје дигитални модел објеката, што је веома битно код урбаних подручја због велике изграђености.

Ортофото карте се лакше тумаче и разумљивије су за неког ко није из струке, а такође се и много брже израђују него класичне карте, па су самим тим и јефтиније. Израда ортофото-а се заснива на оријентисаном фотограметријском снимку и дигиталном моделу терена. Када је дигитални модел рељефа направљен, није потребно поново радити, па је израда карата са новим сликама брза, што омогућава активно праћење просторних појава и догађаја.

Ове карте су изузетно погодне за различите типове просторног планирања, као што су:

- урбанизам:
- изградња путева;
- водопривреда и слично.

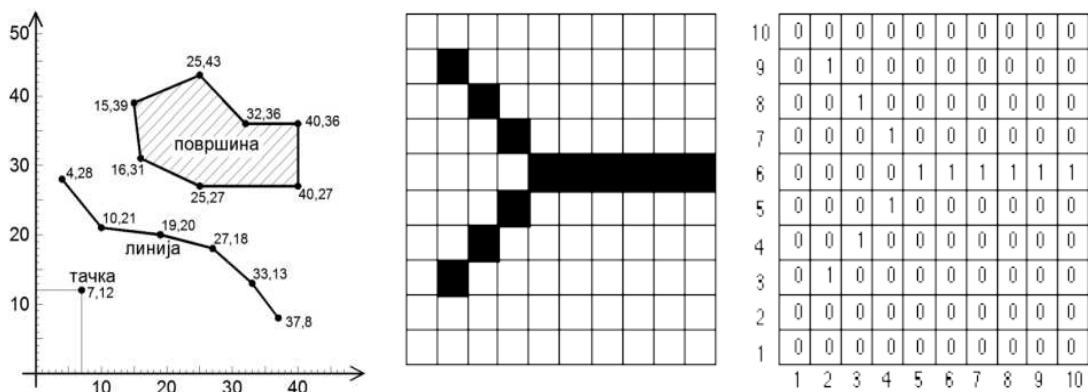
3. СОФТВЕРСКА ПОДРШКА МОНИТОРИНГУ СТАЊА ПРОСТОРА - ГИС

Географски информациони систем (GIS) је компјутерски систем помоћу којег се управља просторним подацима. Систем се користи за прикупљање, трансформацију, пренос, чување, анализу и приказ географских информација.

GIS је „паметна карта” која омогућава корисницима интеракцију, анализирање просторних информација и уређивање података. У GIS се уводе просторни подаци (ортофото, координате, адресе) и подаци који су директно везани за примењену област креирања система (описи, дијаграми, количине и сл.). На основу ових података могуће је пратити сваку промену.

Унос просторних података се врши директно ако се они налазе у дигиталном формату или се морају форматирати из аналогног у дигитални. Планови и карте са папира се могу скенирати и онда меморисати. Овакво меморисање може бити у векторском или растерском облику.

Векторски подаци описују просторне објекте користећи тачке које су дате у координатном систему и могу се лако уређивати. Растерски подаци у GIS-у се приказују као површине, а основни геометријски елемент растерског GIS-а је пиксел.



Слика 12.

а) векторски формат

б) растерски формат.

Главне компоненте географских информационих система су:

- техничка (хардверска) подршка;
- софтверска подршка;
- информатичка подршка.

Техничка подршка је скуп хардвера који се користе у раду GIS-а који подразумева рачунар, уређаје на унос и извоз података, уређаје за обраду и складиштење информација, телекомуникационе објекте. Савремени GIS је способан да обради велике количине података и да их визуелно представи. GIS систем може да се користи на мобилним уређајима, самосталним рачунарима или на рачунарима умреженим у велике системе.

Софтверска подршка омогућава везу између корисника и сакупљених података у бази, унос података, њихову обраду и анализу, као и израду излазних докумената (карата, графикона, табела и сл.).

Софтверску подршку можемо поделити на:

- комерцијални програм (Autodesk, ArcGIS, MapInfo, WinGIS);
- програм отвореног типа (QuantumGIS, SAGA, GRASS GIS).

Информатичка подршка представља јако битан фактор у раду целог система. Руководиоци система који се баве креирањем GIS-а морају да поседују општа знања о процесима, појавама и објектима који се анализирају. Многи пројекти који се раде у GIS-у захтевају ангажовање великог броја људи.

Распон GIS корисника креће се од техничких лица, људи који одржавају и развијају софтвер па све до крајњих корисника који извршавају послове у гео-информационом систему.

GIS представља посебан облик информација које се представљају на картама и дају приказ и анализу стања и догађања у реалном свету. Технологија данас представља савремено окружење за решавање проблема управљања простором, што подразумева и праћење у реалном времену.

GIS поред информација о природним и вештачким облицима у простору, садржи и специјалне тематске садржаје.

3.1. Главне области примене GIS-а :

Области у којима је систем нашао највећи ниво употребе су:

- владине институције и јавни сервиси;
- пословно и услужно планирање;
- логистика и транспорт;
- животна средина.

Кроз досадашњу употребу GIS-а, од почетка његовог стварања, показало се да је коришћење система широког спектра, од разних нивоа пословања, планирања развоја, картирања и управљања па све до навођења (диспечеринга). Примена GIS-а је нашла своје место и у управљању природним ресурсима, привредом, саобраћају, коришћењем и управљањем земљиштем итд.

Саме карте се у систему праве и синхронизују из података који су складиштени у базе, и свака промена која се дешава у базама моментално се реплицира на садржај карте.

3.2. Примери примене

Земљишни информациони систем (ZIS) садржи све потребне податке о земљишним парцелама (ред. бр. парцеле, површина парцела). ZIS обједињује писане податке катастра, земљишних књига и дигитализоване катастарске планове.

GIS за водове садржи податке за гасоводе, водоводе, електричне и ПТТ водове. Осим трасе којом су постављени водови, овакав GIS садржи и информације о материјалу од којег су водови направљени, пречнику водне линије и дубини на којој се налазе, као и годину постављања вода. Размера планова/карата са којих се читају ови подаци су од 1:200 до 1:10 000.

Аутомобилски информациони систем (AIS) чини дигитална мапа пута у облику чворова и лукова. Они су повезани са елементима који могу да буду категорија пута, стање пута и чвором, нпр. регулисана раскрсница.

Возач добија информације преко дисплеја уграђеног на контролној табли аутомобила и његов тренутни положај је означен стрелицом. Пут којим треба да се креће до задате руте је посебно обојен или је смер кретања на раскрсници дефинисан стрелицом.

Најважнија компонента AIS је дигитална мапа пута која мора исправна и свака њена промена се мора забележити у систем.

Постоји још доста примера где се све GIS може користити, а неке од грана које можемо укратко да опишемо су:

- Пољопривреда: праћење и управљање процесима у пољопривреди од нивоа газдинства до нивоа државе;
- Археологија: опис радилишта и праћење контура;
- Епидемиологија и здравство: праћење и анализа појаве болести у простору;
- Навигација: копнена, ваздушна и морска;
- Туризам: класификовање туристичких локација, истраживање и управљање капацитетима према локацији.

Најбољи пример географско информационог система код нас је ГеоСрбија. Дигитална платформа на којој можемо добити информацију о локацији парцеле, броју парцеле и којој катастарској општини припада. Гео Србија је национална веб ГИС апликација која омогућава приказ, претраживање, анализу, трансформацију, креирање, дељење и одржавање геопросторних података Србије.



Слика 13. Изглед и садржај дигиталне платформе ГеоСрбија.

4. ПРОСТОРНА АНАЛИЗА

4.1. Просторно повезивање и односи између фотограметријских снимака

Једном геодетском проблему може се приступити на више начина. Стручном анализом долази се до најпогодније методе решавања проблема, али треба обратити пажњу на више аспеката. Тачност мерења, расположивост ресурса, рокови, тематика снимања и будућа примена резултата само су неки од чинилаца који се морају узети у обзир пре одабира методе и технологије снимања на терену. Уколико су пројекти мањих обима анализа је доста једноставнија као и сам одабир методе. Међутим, када је реч о већим пројектима који обухватају обимније радове који захтевају и већи временски период, анализи се мора приступити веома пажљиво и тек након детаљних анализа одабрати технологију и начин прикупљања потребних информација.

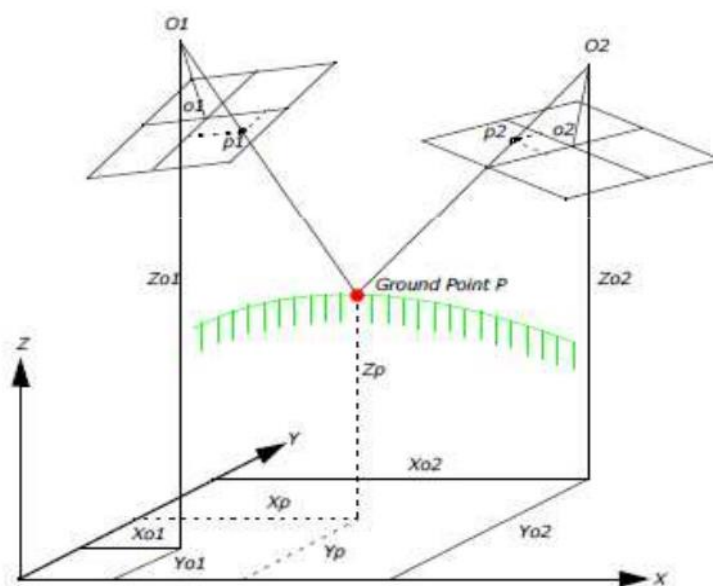
Класичним методама снимања тоталном станицом или GPS-ом могуће је прецизно позиционирати објекат и представити његов облик са већим или мањим нивоом детаљности. Ипак, једно од битнијих ограничења ове методе су број тачака потребних да се објекат снимити како би неправилни облици били представљени што је могуће реалније, као и немогућност представљања текстуре објекта који је од интереса. Како би се ове препреке превазишле потребно је применити методу која омогућава брзу аквизицију великог броја тачака са одговарајућом тачношћу.

Фотограметрија представља технологију и науку о бесконтактном прикупљању података којим се реконструишу положај, облик и остале карактеристике објекта од интереса. Снимање неприступачних објеката, мање теренског рада, покривање великог подручја за кратко време, бесконтактно снимање, велики број пратећих софтверских пакета само су неке од предности фотограметрије у односу на друге методе снимања. Развој технологије је условио све чешће потребе за применом фотограметрије.

Према положају платформе у тренутку аквизиције снимака могуће је разликовати аерофотограметрију и терестричку или блископредметну фотограметрију. Данас, развојем лаких летелица које се могу користити као платформа за камере, јако је тешко поставити јасну границу између аерофотограметрије и блископредметне фотограметрије.

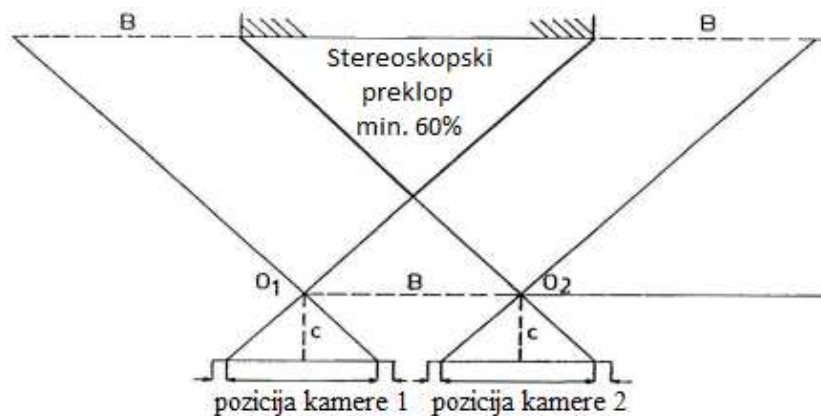
Историјски гледано, терестричка фотограметрија се развила пре аерофотограметрије.

Дигитална фотограметрија представља технику мерења која се користи како би се прикупиле 3D просторне информације о објекту који је предмет снимања и уско је повезана са развојем компјутерских наука. То значи да се коришћењем ове методе мерење врши на дигиталним снимцима, а не на самом објекту као што је случај са класичним методама снимања тоталном станицом или GPS-ом. То је омогућено постојањем великог броја софтвера које данас може да подржи већина компјутера и који су у великом броју случајева „user friendly“. Идеја дигиталне фотограметрије је да се на основу најмање два снимка истог подручја израчунају 3D координате објекта (слика 14) и представе у неком од дигиталних облика.



Слика 14. Графички приказ добијања 3D координата тачке на основу два снимка.

За потребе нешто компликованијег или већег објекта, какав је обично случај у пракси, потребно је прикупити знатно више од два снимка како би се успостављањем просторних веза између снимака добиле тражене информације. Приликом прикупљања снимака подразумева се да се позиција камере мења током снимања уз услов да преклоп два снимка мора бити минимум 60% како би се поједини делови објекта налазили на оба снимка (слика 15). Овај преклоп омогућава софтверима да пронађу аутоматски везне тачке између снимака користећи различите алгоритме на основу којих ће се израчунати различити параметри за даљу обраду снимака.



Слика 15. Минималан преклоп између два суседна снимка.

Све фотографије, без обзира на начин прикупљања и камеру представљају 2D податак. Као што је већ речено, фотограметрија треба да омогући екстракцију 3D информација са снимака, а то је могуће тек након процеса триангулације најмање два снимка. Процес триангулације, дакле, омогућава екстракцију координата тачака у тродимензионалном простору (X , Y и Z) на основу два дводимензионална снимка који чине стереопар. Уколико је објекат захтевао прикупљање већег броја снимака потребно је извршити триангулацију свих снимака, односно триангулацију блока фотографија. Овим процесом добијају се подаци о позицији и оријентацији камере у тренуцима аквизиције снимака, односно добијају се параметри спољашње оријентације (позиција центра пројекције X_0 , Y_0 , Z_0 и углови ротације снимака ω , ϕ , κ) као и координате везних

и оријентационих тачака. Софтвер везне тачке користи за повезивање снимака, док оријентационе тачке служе за повезивање координатног система снимка са координатним системом терена. Веза између ова два координатна система представљена је једначинама колинеаритета (1) и (2):

$$X = X_0 + (Z - Z_0) \cdot \frac{r_{11} \cdot (\xi - \xi_0) + r_{12} \cdot (\eta - \eta_0) + r_{13} \cdot c}{r_{31} \cdot (\xi - \xi_0) + r_{32} \cdot (\eta - \eta_0) + r_{33} \cdot c}, \quad (1)$$

$$Y = Y_0 + (Z - Z_0) \cdot \frac{r_{21} \cdot (\xi - \xi_0) + r_{22} \cdot (\eta - \eta_0) + r_{23} \cdot c}{r_{31} \cdot (\xi - \xi_0) + r_{32} \cdot (\eta - \eta_0) + r_{33} \cdot c}, \quad (2)$$

где су:

ξ_0, η_0 – сликовне координате главне тачке снимка (познате величине које се добијају процесом калибрације камере),

ξ, η – сликовне координате тражене тачке,

c – константа камере (познате величине које се добијају процесом калибрације камере),

X_0, Y_0, Z_0 – теренске координате пројекционог центра снимака,

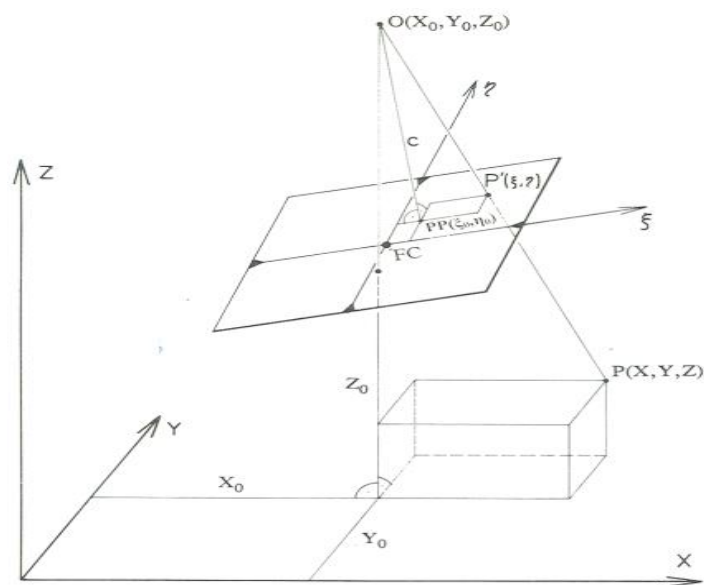
X, Y, Z – теренске координате тражене тачке,

r_{ik} – елементи просторне матрице ротације R у којој фигуришу углови ω , ϕ , κ .

Једначине колинеаритета (1) и (2) представљају систем од две једначине са три непознате тако да је то разлог зашто је неопходно имати најмање два снимка са преклопом-стереопар. На тај начин за добијање тродимензионалних координата једне тачке формира се систем од четири једначине са три непознате који је решив.

Најчешћи производи фотограмetriје су 3D модели и облаци тачака који се могу користити за даље анализе. Такви производи су данас све више

заступљени у најразличитијим сферама живота почевши од геодезије, преко медицине, архитектуре, војне индустрије до археологије и рударства.



Слика 16. Геометријска веза између сликовног и теренског координатног система.

4.2. Детекција и квантификација просторних односа

Већина детекција промена на дигиталним снимцима се заснива на процесирању две епохе снимака пиксел по пиксел. Такав процес се назива пикселски оријентисана детекција промена. Коришћење овог процеса је условљено хетерогеношћу терена на којем се детектују промене. Објектно оријентисана детекција промена је могућа само када се на две или више епоха снимања налазе хомогени објекти снимања и треба детектовати њихове промене.

4.2.1. Разматрање система даљинске детекције

Како би се дигитална детекција промена извршила успешно и тачно потребно је посебно обратити пажњу на два чиниоца:

- утицај сензорског система за даљинско опажање;
- карактеристике окружења.

Несхватане одређених параметара детекције промена сигурно доводи до погрешног и лоше изведеног процеса дигиталне детекције промена односно до нетачних информација. Идеално би било да су сви подаци који ће се даље користити прикупљени системом за даљинску детекцију који обезбеђује, и то:

Временска резолуција-Када је у питању временска резолуција разликују се два типа резолуције. Прво, да би резултати били што бољи потребно је извршити процес прикупљања снимака у исто време дана, односно ако се 25.септембра изврши снимање тачно у подне, препоручује се да се друго снимање изврши другог дана у исто време (подне) како би се минимизирао утицај ефекта Сунчевих зрака.

Друга временска резолуција препоручује прикупљање снимака истог календарског датума када год је то могуће. То значи ако је прва серија снимака прикупљена 25.септембра 2021. године препоручује се да се друга серија снимака прикупи 25.септембра 2022. године и тако даље. На овај начин се умањује негативан утицај различитих сезонских углова Сунчевих зрака као и утицај различитог биљног покривача који различито изгледа у зависности од доба године.

Просторна резолуција-Прецизно одређивање просторне резолуције најмање два снимка представља кључни аспект детекције промена. Идеално би било када би се различите епохе снимања прикупљали истим сензором који има константан, исти IFOV (тренутно видно поље). На пример, уколико систем за даљинску детекцију прикупља снимке са просторном резолуцијом 30 m x 30 m врло је једноставно повезати међусобно две епохе снимања. Проблем настаје уколико се снимање врши са различитим сензорима који имају различите тренутне регионе посматрања. У том случају је могуће довести обе епохе на исту просторну резолуцију али је то могуће само тако што се снимци прикупљени сензором са већом просторном резолуцијом прилагоде снимцима

са нижом просторном резолуцијом. То значи да уколико су прикупљене две епохе снимања, једна са просторном резолуцијом 30 m x 30 m, друга са 20 m x 20 m могуће је повезати их само уколико се прва спусти на просторну резолуцију 20 m x 20 m. Није могуће променити просторну резолуцију тако да она надмаши оригинални сензора, односно није могуће прећи са просторне резолуције 20 m x 20 m на просторну резолуцију 30 m x 30 m.

Још једна битна ставка код просторне резолуције је и угао снимања. Различити системи за даљинску детекцију имају могућност прикупљања снимака под различитим угловима снимања који се разликују. Две епохе снимања који су прикупљени при различитим угловима снимања могу представљати озбиљну препреку приликом детекције промена. На пример, ако посматрамо шуму. Када се снимци прикупљају, добијамо један изглед шуме где ће се видети углавном крошња дрвећа, међутим уколико се снимање изврши под неким углом различитим од првог начина, добиће се потпуно други снимак. Шума ће одавати утисак искошености односно са једне стране ће бити видљива стабла док ће на супротној страни крошња заклонити терен који није иначе прекривен шумом. Због тога резултати детекције промена добијени коришћењем ове две епохе снимања биће лоши и непрецизни. Због тога треба имати у виду да се прикупљање различитих епоха врши са једнаким угловима снимања.

Спектрална резолуција-Основна претпоставка дигиталне детекције промена је да постоји разлика између спектралног одзива пиксела у оквиру две епохе снимања. Када је реч о спектралној резолуцији треба напоменути да је врло важно да се води рачуна о сензору којим се региструје рефлектована енергија. Различити сензори детектују различите количине рефлектоване енергије, односно детектују у оквиру различитих спектралних канала. Због тога би идеално било када би се за снимање две епохе користио један исти сензор. Међутим, уколико не постоји могућност снимања неког подручја помоћу истог сензора проблем се може решити тако што се користе спектрални канали који су приближни једни другима.

Радиометријска резолуција-Од свих четири резолуција које се тичу детекције промена најмање пажње се посвећује овој резолуцији јер углавном сви сензори имају сличну радиометријску резолуцију. Конверзија података добијених даљинском детекцијом из аналогног у дигитални облик резултује осмобитним (8 bit) вредностима осветљености које се крећу од 0 до 255. То је уједно и радиометријска резолуција коју већина сензора омогућава. Ипак, данас постоје новији сензори који омогућавају прикупљање података са радиометријском резолуцијом од 10 па чак и 11 бита по пикселу (11 bit). Због могућих различитих спектралних резолуција најбоље би било када би се две епохе снимале истим сензором. Уколико је потребно упоредити податке прикупљене сензорима различите радиометријске резолуције препоручује се да се епохе снимања са нижом радиометријском резолуцијом (на пример 6 бита) декомпресује у вишу радиометријску резолуцију коју има друга епоха снимања (на пример 8 бита). Приликом поступка упоређивања снимака различите радиометријске резолуције треба нагласити да прецизност декомпресоване вредности осветљења не може никада да буде боља од оригиналне вредности тако да декомпресију треба избегавати уколико је то могуће.

Питање спољашњих утицаја је врло важно. Уколико се на најбољи начин не схвати утицај карактеристика окружења на детекцију промена лако може доћи до лоших и непоузданих података. Управо зато, због великог утицаја пожељно је да карактеристике окружења односно спољни утицаји околине приликом снимања буду што константније.

4.3. Утврђивање релација у простору

Дигитални модели терена (DMT) и ортофотои који настају као производ фотограметријских мерења нуде широк спектар могућности за накнадна мерења, анализе и даље обраде ради добијања великог броја просторних и квантитативних информација. Постоји велики број модерних

фотограметријских софтвера који нуде различите алате који омогућавају мерења и анализе добијених производа фотограметрије.

Стереоплотинг представља једну од основних начина прикупљања информација са ортофотоа и дигиталних модела терена. Користећи рачунарску опрему у виду 3D наочара и посебних 3D екрана сваки корисник може на једноставан начин да ефикасно има увид у велике површине терена без изласка на саму локацију. Осим увида стереоплотинга подразумева и картирање садржаја од интереса на самим фотограметријским снимцима у дефинисаном координатном систему. Картирање односно векторизација растерског садржаја омогућава ефикасно дефинисање просторних релација између ентитета од интереса. На брз и ефикасан начин користећи само рачунар могуће је прикупити огроман број просторних података и на тај начин дефинисати њихов однос у референтном координатном систему а могућа је и даља обрада векторског садржаја у другим софтверима који нису фотограметријски. То је омогућено тако што су векторски формати који излазе из фотограметријских софтвера стандардизовани и лако се отварају у другим нефотограметријским софтверима.

Осим стереоплотинга постоје и други алгоритми имплементирани у фотограметријским софтверима који могу пружити увиде у просторне квантитативне релације жељеног подручја. На пример постоје посебни алати у фотограметријским софтверима који могу срачунати запремину односно кубатуру одређеног дела терена на основу постојећег дигиталног модела терена. Такође креирање изохипси ради даље анализе подручја, одређивање броја објеката на основу њихових карактеристика, удаљености између објеката, висинске разлике терена, падови су само још неке информације које је могуће добити једноставним анализама коришћењем софтверских алата.

5. СПЕЦИЈАЛНИ ДЕО

5.1. Географско-економске карактеристике подручја и историја зоне градске депоније

Географски положај градске депоније је такав да је она лоцирана у Годоминском пољу, источном делу територије града Смедерева на њеном рубу и удаљена је 2,5 km ваздушном линијом од центра града и заузима површину од око 5 ha. Депонију обилази канал реке Језаве са северне и источне стране, док се са јужне стране депоније налази мање насеље које је ту смештено на удаљености од око 200 m. Западно од депоније се у непосредној близини налази железничка пруга Мала Крсна-Смедерево. У близини депоније се налази и спортски аеродром “Смедерево”.



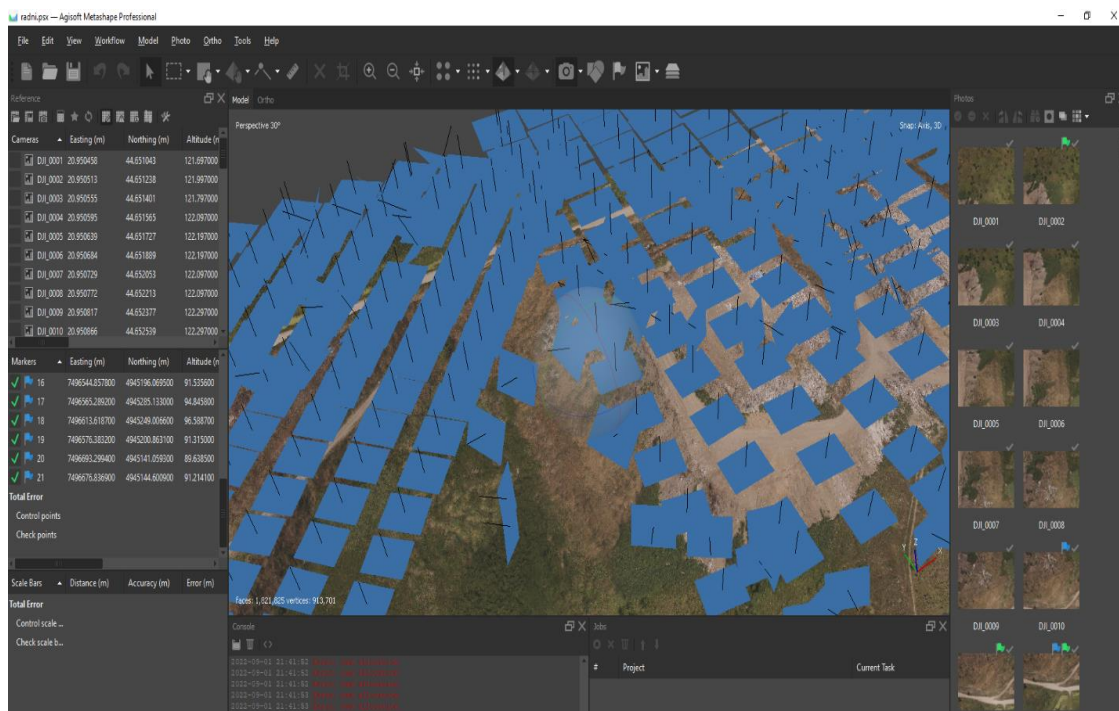
Слика 17. Локација депоније Смедерево (извор: Геосрбија).

Постојећа депонија налази се у некадашњем кориту реке Језаве и користи се за одлагање смећа из града Смедерева од 1985. године и још је у употреби.

5.2. Евиденција стања простора у зони градске депоније

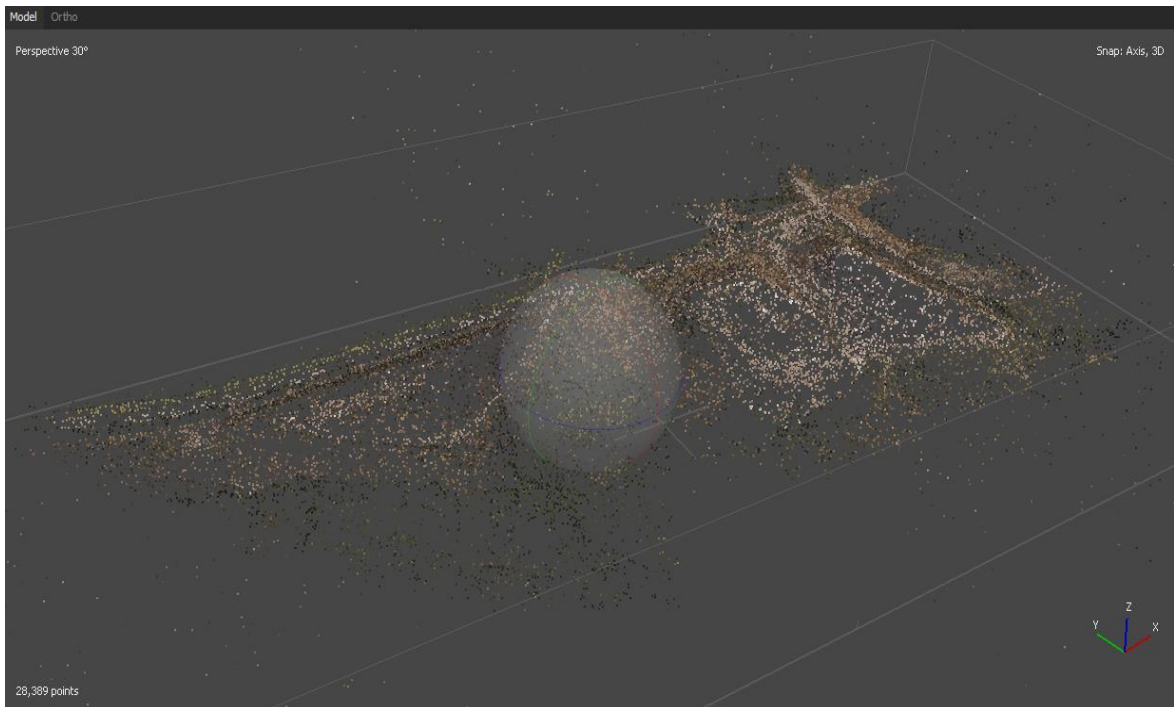
Како нису постојали подаци о стању депоније у Смедереву и како је било потребно на брз и ефикасан начин прикупити квантитативне податке о депонији (количине материјала и тачне позиције) било је потребно извршити снимање фотограметријском методом.

Извршена је фотосигнализација терена са 21 оријентационом тачком које су правилно распоређене по терену. Након тога фотограметријско снимање је изведено дроном Phantom DJI 4 PRO и том приликом прикупљено је 679 снимака. Дрон је летео на фиксној висини од 45 метара што представља компромис између броја снимака и величине пиксела односно квалитета детаља. Након завршеног снимања приступило се обради података користећи фотограметријски софтвер Agisoft Photoscan.



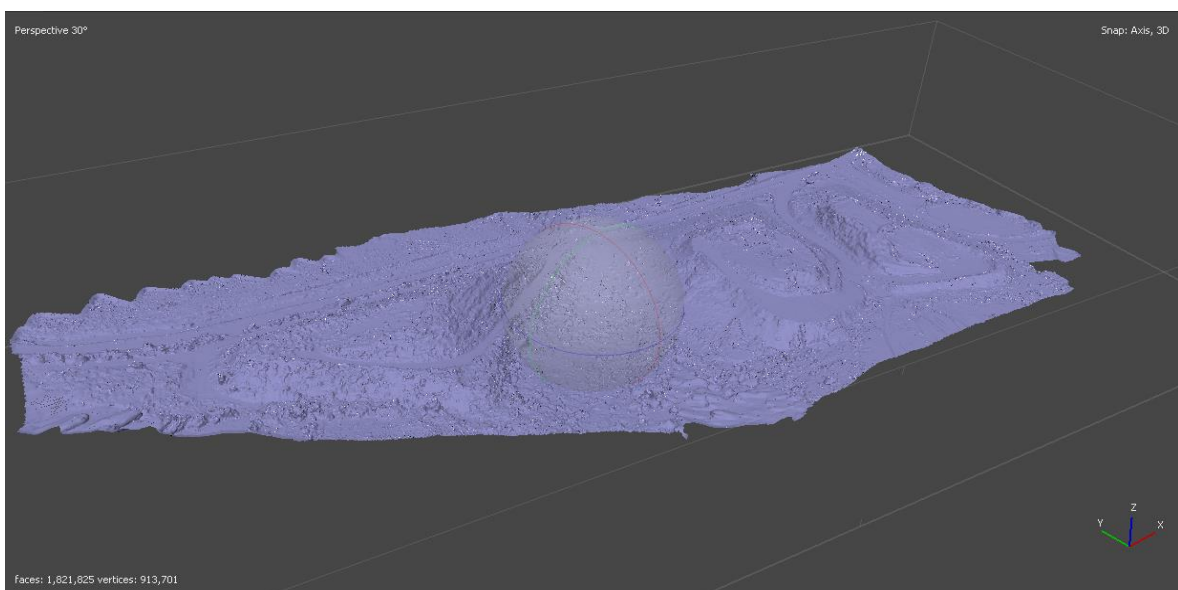
Слика 18. Фотопринтови.

Први корак код обраде снимака представља геореференцирање снимака односно њихову оријентацију у простору. То је омогућено посебним алатима за триангулацију снимака и као резултат тог процеса настаје редак облак тачака.

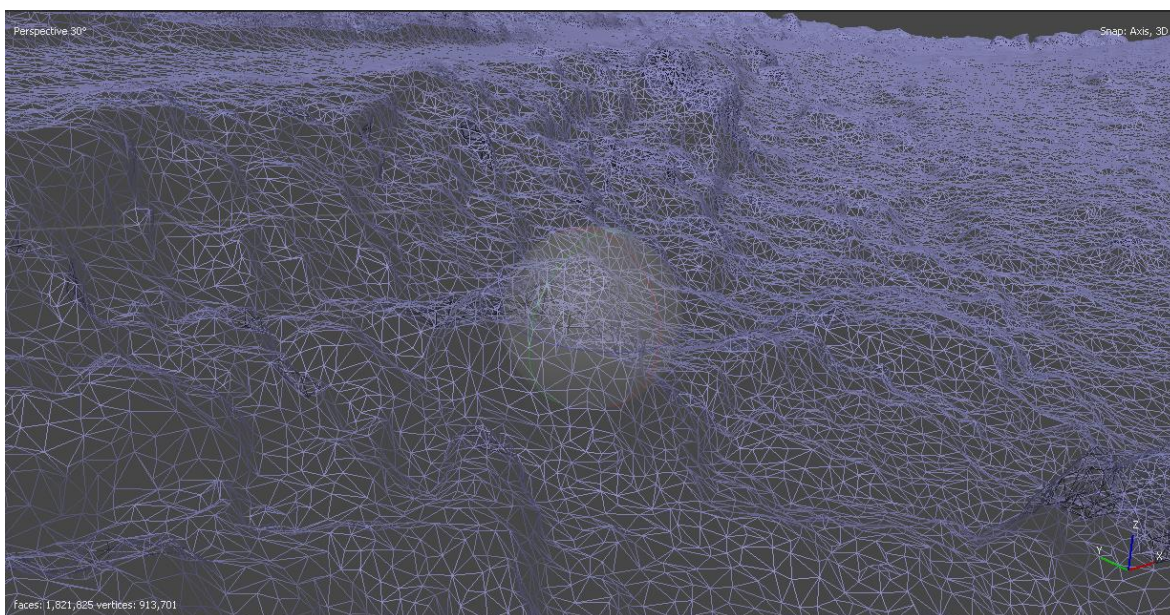


Слика 19. Редак облак тачака.

Након тога приступило се креирању густог облака тачака као подлоге за будући дигитални модел терена након чега је направљен TIN (triangulated irregular network). TIN представља мрежу троуглова која повезује све тачке у густом облаку и на тај начин формира 3D површ која је основа за сваки 3D дигитални модел терена.



Слика 20. TIN (Triangulated irregular network).



Слика 21. TIN зумирано.

По добијању TIN-а направљен је 3D модел терена-DMT. На добијеном моделу терена извршене су различите просторне анализе и мерења као што су удаљеност од канала, висина тела депоније, кубатура депоније, нагиб депоније као и близина пута. Осим ових добијених резултата овакав пројекат представља тачно стање депоније у том моменту и као такво може се користити у будућности за упоређивање са новијим епохама снимања. На тај начин могућ је периодичан мониторинг као и планирање и управљање депонијом кроз време.

6. ЗАКЉУЧАК

Градска депоније у Смедереву снимљена је из ваздуха, аерофотограметријском методом. Пре самог летења приступило се обиласку локације. Тада су дефинисане и стабилизоване оријентационе тачке које су направљене од плоча стиропора који је био офарбан у бело-црвену боју ради лакшег распознавања оријентације у каснијој обради пројекта. Обиласком локалитета установљен је и план летења, ширина, дужина и висина лета која је морала бити нешто измењена због високонапоснке далеководне мреже која се пружа са једне стране депоније. Један од потенцијалних проблема је могао да буде и живи свет који посећује депонију, тачније неколико врста птица које су могле да оборе дрон у лету.

Тога дана услови за летење су били довољно добри да се из снимака добије задовољавајућа прецизност са којим је пројекат успешно обављен.

Аерофотограметријски снимци су коришћени за израчунавање кубатуре саме депоније како би се могло пратити стање и само планирање даљег одржавања вештачки створеног брда за потребе одлагања отпада из града.

7. ЛИТЕРАТУРА

Борисов М.: “Општа картографија”, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад 2017. пп. 192-201.

Гајски Д.: “Основе ласерског скенирања из зрака”, Свеучилиште у Загребу, Геодетски факултет, Загреб 2007. но.10, пп. 16-22.

Eisenbeiss H.,, University of Technology Dresden.: “UAV Photogrammetry”, Zurich, 2009.

Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдич З., Станков У.: “Географски информациони системи”, Београд 2012.

Марио М., Ђапо К., Кордић Б., Медвед И.: “Терестрички ласерски скенери”, Свеучилиште у Загребу, Геодетски факултет, Загреб 2007. но.10, пп. 35-38.

Милутиновић А., Ганић А., Гојковић З.: "Геодетски инструменти и методе мерења", рукопис уџбеника, Рударско-геолошки факултет, Београд 2017.

Радовановић У.: “Векторизација 3D модела објеката на основу облака тачака”, мастер рад из геодезије и геоинформатике, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

Фрачула Н.: “Дигитална картографија”, 3.проширено издање, Свеучилиште у Загребу, Геодетски факултет, Загреб 2004.

<https://geogis.rs>

<https://www.geonet.rs>

ПРИЛОГ

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
ГРАД СМЕДЕРЕВО

ГЕОДЕТСКИ СНИМАК КОМПЛЕКС ДЕПОНИЈЕ СМЕДЕРЕВО

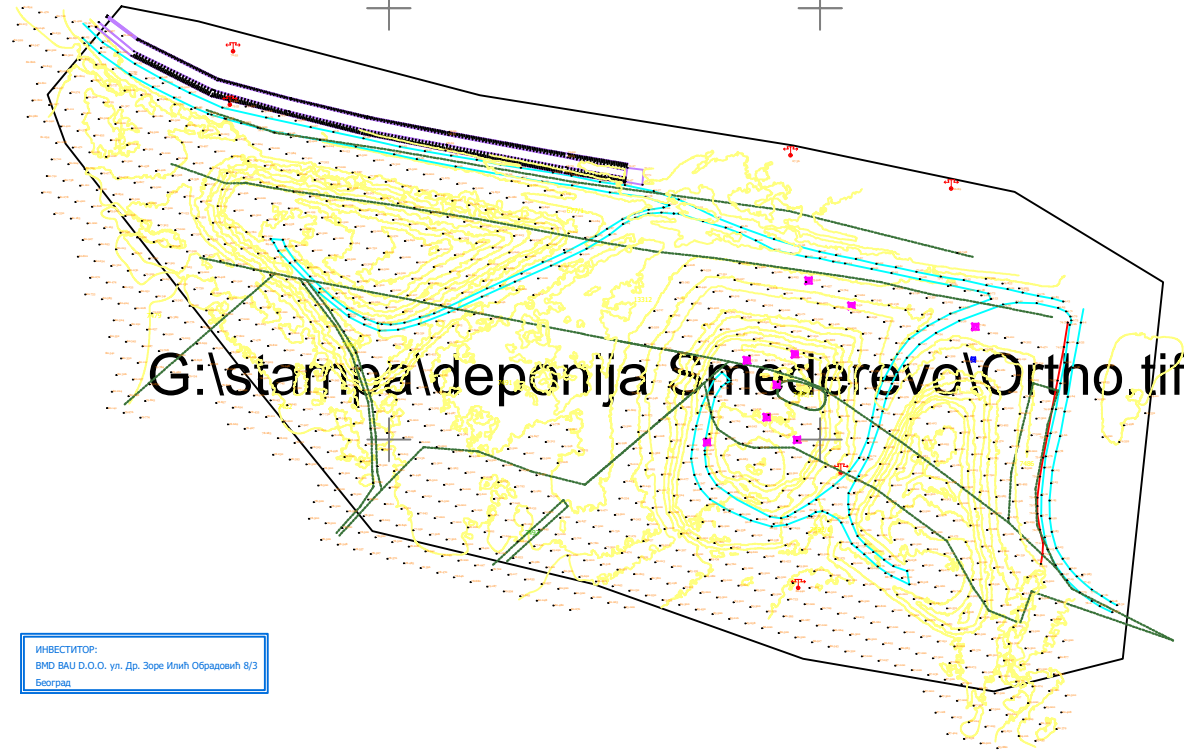
Катастарска општина СМЕДЕРЕВО Размера 1: 2500

Кубатура активне депоније: 285 060m³
Кубатура активне депоније: 285 060m³

Еквидистанца: 2m

ЛЕГЕНДА:

- линија пута
- линија ограде
- линија канала
- катастарске парцеле
- 7492/1 ознака катастарске парцеле
- Београд
- пикнометар



ИНВЕСТИТОР:
ВМД ВАУ Д.О.О. ул. Др. Зоре Илић Обрадовић 8/3
Београд

БЕОГРАД,
12.08.2019.год.
Геодетски биро "ГАУС"
Пројектант: Стефановић В. маст. инж. геод.
Одговорни пројектант: Михајловић С. маст. инж. геод.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Стефан Марин

Број индекса Ф193/13

Изјављујем

да је завршни рад под насловом

Евиденција стања простора у зони Трајске
Дротије Смедерско

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 15. 03. 2022

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Стефан Војин Марин
Број индекса Р193/13
Студијски програм _____
Наслов рада Евиденција стања простора у зони
градске делоније Смедерево
Ментор Др Игор Миљановић

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 15.09.2022

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Евиденција стања простора у зони
градске делоније Смедерело

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

- I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;
- II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, 15.09.2022

Потпис ментора

Потпис студента
