

Fotogrametrijska izmjera benediktinskog samostana u Dajli

Jugovac, Karla

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geodesy / Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:256:962633>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-05**



Repository / Repozitorij:

repozitorij.geof.unizg.hr/en



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET**

Karla Jugovac

**FOTOGRAMETRIJSKA IZMJERA
BENEDIKTINSKOG SAMOSTANA U DAJLI**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

Karla Jugovac ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2023.



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET**

Karla Jugovac

**FOTOGRAMETRIJSKA IZMJERA
BENEDIKTINSKOG SAMOSTANA U DAJLI**

Diplomski rad

Zagreb, 2024

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEODETSKI FAKULTET



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br. 1_349_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26.10.2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog rada koji se vrednuju na diplomskom studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenata te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

IZJAVLJUJEM

Ja, **Karla Jugovac**, (JMBAG: 0007181908), rođena dana 17.03.2000. u Rijeci, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

I. AUTOR	
Ime i prezime:	Karla Jugovac
Datum i mjesto rođenja:	17. ožujka 2000., Rijeka Republika Hrvatska
I. DIPLOMSKI RAD	
Naslov:	Fotogrametrijska izmjera benediktinskog samostana u Dajli
Broj stranica:	67
Broj tablica:	4
Broj slika:	65
Broj bibliografskih podataka:	10 + 16 URL-a
Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:	Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Mentor:	doc. dr. sc. Loris Redovniković
Komentor:	
Voditelj:	
II. OCJENA I OBRANA	
Datum zadavanja teme:	
Datum obrane rada:	5.7.2024.
Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:	doc. dr. sc. Loris Redovniković
	prof. dr. sc. Đuro Barković
	prof. dr. sc. Mladen Zrinjski

Zahvala

Prije svega željela bih se zahvaliti svojim roditeljima koji su mi omogućili upis na fakultet te podržavali i bodrili cijelo vrijeme tijekom studiranja.

Također, zahvalila bih se i prijateljima koji su sa mnom proživjeli svaki ispit te mi ovo razdoblje života učinili nezaboravnim. Posebna zahvala ide sestri Ivani koja je testirala moje strpljenje i upornost.

Veliku zahvalu dugujem mom mentoru doc. dr. sc. Lorisu Redovnikoviću koji mi je puno pomogao u ostvarenju ovog diplomskog rada. Nije mu bilo teško doći iz Zagreba do Istre sa svim instrumentima kako bih mogla obaviti terenski dio zadatka. Uvijek je bio dostupan i spreman pomoći.

Još jednom, veliko hvala svima!

Fotogrametrijska izmjera benediktinskog samostana u Dajli

Sažetak: *Fotogrametrijska izmjera je metoda izmjere kojom se prikupljaju podaci na način da se fotografira scena. Iz snimljenih fotografija se zatim izvodi oblik, veličina (uz uvjet da je poznata barem jedna dužina) i položaj fotografiranog objekta. Kako bi se mogao odrediti položaj objekta potrebno je imati definirane barem tri točke čije su koordinate poznate. U ovom radu bit će izvedena terestrička fotogrametrijska izmjera u kojoj se snima fotoaparatom sa tla te aerofotogrametrija u kojoj se snima iz zraka. Terestričkom metodom snima se sve što je vidljivo izvana, a dronom će se snimiti krov palače. Ovom metodom moguće je snimanje raznih detalja, a o razini detaljnosti ovisi brzina prikupljanja i obrade podataka. Nakon fotografiranja potrebno je slike obraditi u odgovarajućem softveru, a finalni produkt bi trebao prikazivati postojeće stanje palače. Cilj rada je pomoću metode fotogrametrijske izmjere dokumentirati samostan te prikazati razlike koje su nastale na njemu od njegove izgradnje pa sve do danas. Usporedba će se prikazati pomoću današnjih fotografija i starih fotografija prikupljenih iz muzeja i državnog arhiva. Korištenjem ovakve metode izmjere u geodetske svrhe u relativno kratkom vremenu može se prikupiti vrlo velika količina podataka. Također, takve snimke moguće je koristiti za prostorna planiranja, urbanizam, arheologiju, geologiju i sl.*

Ključne riječi: *Aerofotogrametrija, terestrička fotogrametrija, revitalizacija, samostan*

Photogrammetric survey of the benedictine monastery in Dajla

Abstract: *Photogrammetry is a surveying method in which we collect data by photographing a scene. From those taken photographs we can get the shape, size (at least one length must be known) and position of the photographed object. In order to determine the position of the object, it is necessary to define at least three points whose coordinates are known. In this study will be performed a terrestrial photogrammetry survey, in which the images are taken from the ground with a camera, and aerophotogrammetry, in which the images are taken from the air. Everything that is visible from the outside is recorded using the terrestrial method, and the roof of the palace will be recorded with a drone. With this method, it is possible to record various details. The speed of data collection and processing depends on the level of detail. After taking photos, the images must be processed in the appropriate software, and the final product should show the existing state of the palace. The aim of this work is to use the method of photogrammetric measurement to document the monastery and show the differences that have arisen on it since its construction until today. The comparison will be shown using today's photos and old photos collected from museums and state archives. Using this method of measurement for geodetic purposes a very large amount of data can be collected in a relatively short period of time. Also, such recordings can be used for spatial planning, urban planning, archeology, geology, etc.*

Keywords: *Aerophotogrammetry, terrestrial photogrammetry, revitalization, monastery*

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. FOTOGRAMetriJA	2
2.1. Terestrička fotogrametrija.....	3
2.2. Aerofotogrametrija.....	4
3. BENEDIKTINSKI SAMOSTAN DAJLA.....	7
3.1. Lokacija	7
3.2. Povijesni značaj	9
3.2.1. Kaštel koparske obitelji Sabini.....	10
3.2.2. Izgradnje u vrijeme obitelji Grisoni	11
3.2.3. Dogradnje u vrijeme benediktinaca.....	13
4. IZMJERA SAMOSTANA	14
4.1. Metodologija.....	14
4.2. Pravna regulativa	14
4.3. Korištena oprema.....	21
4.3.1. GNSS Emlid M2	21
4.3.2. Fotoaparati Nikon Z5	23
4.3.3. Dron DJI Phantom 4 Pro V2.0	25
4.4. Tijek izmjere.....	26
4.4.1. Određivanje GCP točaka	26
4.4.2. Terestrička fotogrametrijska izmjera.....	29
4.4.3. Aerofotogrametrijska izmjera.....	30
5. TRODIMENZIONALNO MODELIRANJE	32
5.1. Softver RealityCapture	32
5.2. Obrada snimljenog materijala	35
5.3. Tijek izrade 3D modela.....	42
5.3.1. Rekonstrukcija modela	42
5.3.2. Uređivanje oblika modela	43
5.3.3. Provjera ispravnosti modela	45
5.3.4. Teksturiranje, pojednostavljivanje i reprojeckcija modela	46
6. ANALIZA REZULTATA.....	52
6.1. Trodimenzionalni model.....	52
7. RASPRAVA.....	56
ZAKLJUČAK	58

LITERATURA.....	59
MREŽNE ADRESE.....	60
POPIS SLIKA.....	62
POPIS TABLICA.....	64
PRILOZI.....	64
ŽIVOTOPIS.....	65

1. UVOD

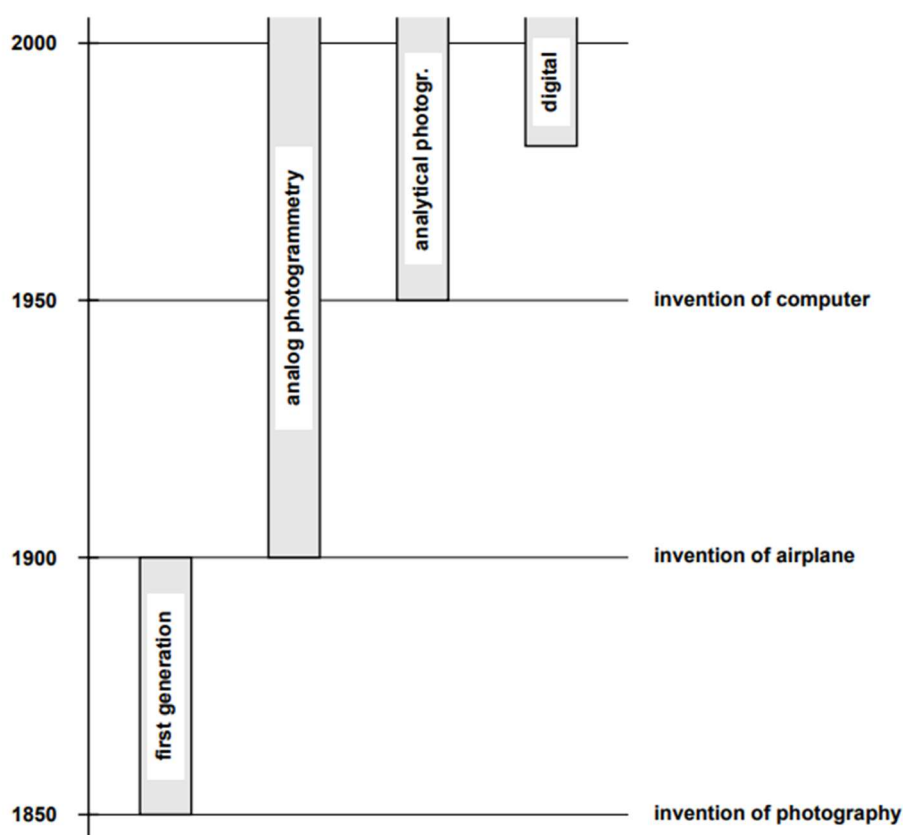
Geodezija je znanost koja se bavi izmjerom i određivanjem oblika Zemljine površine. Postoje različite grane geodezije, od kojih su neke inženjerska geodezija, satelitska i fizikalna, kartografija, daljinska istraživanja te fotogrametrija. U ovom će radu posebno biti riječi o fotogrametriji, odnosno fotogrametrijskim metodama izmjere.

Prednost ove metode je što se u relativno kratko vrijeme mogu prikupiti podaci odnosno snimke iz kojih se daljnjom obradom može dobiti trodimenzionalan model. Terestričkom metodom omogućena je izmjera zatvorenih prostora, tako da se u kombinaciji sa aerofotogrametrijom može dobiti cjelokupan prikaz pojedinog objekta. Ukoliko je velika količina ulaznih podataka, obrada će biti nešto sporija, no to ovisi i o jačini računala na kojemu se izvodi obrada. Rad je podijeljen na teorijski i praktični dio. U teorijskom dijelu detaljnije su opisane fotogrametrijske metode izmjere te je predstavljen predmetni objekt snimanja, u konkretnom slučaju Benediktinski samostan u Dajli. Njegova bogata prošlost i još uvijek očuvana raskoš savršeni su razlozi za izradu 3D modela. Praktični dio je odrađen na terenu, a metodologija snimanja, korišteni instrumenti i tijekom izmjere opisani su u zasebnim poglavljima. Cilj ovog rada je upoznati se sa mogućnosti korištenja bespilotne letjelice na konkretnom zadatku te istaknuti važnost fotogrametrijske metode izmjere i prednosti korištenja drona u fotogrametriji. Kako bi ovo sve imalo smisla potrebno je znati u koje se sve svrhe snimljeni materijal može primijeniti.

Prilikom izrade ovog rada uočeni su i neki nedostaci ove metode. Snimanje je gotovo nemoguće ukoliko je jak vjetar. Kako bi model ispao dobar i bez šuma, potrebno je dobro osvjetljenje svih snimanih dijelova. Također, postoji problem prilikom rekonstrukcije dijelova koji nisu statični pomoću lišća na krošnjama drveća. To su sve faktori koji utječu na kvalitetu modela. Prikazane su metode uređivanja i poboljšanja modela, a postupak je detaljno objašnjen u radu. Cijeli proces obrade snimljenog materijala i izrade trodimenzionalnog modela stvarnosti odrađen je u fotogrametrijskom softveru *RealityCapture*.

2. FOTOGRAMetriJA

Povijest fotogrametrije počinje od izuma fotografije. Njezinom usavršavanju pridonijeli su izumi zrakoplova, računala i elektronike (Slika 2.1.). Ocem fotogrametrije smatra se francuski pukovnik Aimé Laussedat koji je dizajnirao prvu opremu za terestričku fotogrametriju u svrhu izmjere u arhitekturi. Što se tiče fotogrametrije u Hrvatskoj, 1897. godine je Franjo pl. Kružić izdao prvi udžbenik fotogrametrije na hrvatskom jeziku „Fotogrametrija i praktični dio tahimetrije“. Skoro 45 godina nakon toga, 1941. godine je osnovan Zavod za fotogrametriju na Zagrebačkom Sveučilištu.



Slika 2.1. Četiri glavne faze fotogrametrije (Schenk, 2005)

Prema definiciji ISPRS-a (*International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*) fotogrametrija je znanost i tehnologija izdvajanja pouzdanih trodimenzionalnih geometrijskih i tematskih informacija, vremenskim praćenjem objekata i scena korištenjem snimki. ISPRS je nevladina međunarodna organizacija čija je misija razviti međunarodnu suradnju za unapređenje znanja, istraživanja, razvoja, obrazovanja i obuke u fotogrametriji i

daljinskom istraživanju s ciljem doprinosa dobrobiti čovječanstva i održivosti okoliša (URL 1). Fotogrametrijska izmjera podrazumijeva mjerenje kojim se iz fotografskih snimaka izvodi oblik, veličina i položaj snimljenog predmeta.

Rezultat izmjere je dvodimenzionalni ili trodimenzionalni prikaz. Metoda je brza zbog mogućnosti snimanja velike površine, a ne svake točke zasebno. Naravno, brzina ovisi o razini detalja koji se snimaju. Ova se metoda većinom koristi u izradi karata, u GIS-u (Geografskom informacijskom sustavu), šumarstvu, rudarstvu, ekologiji i sl. (Slaviček, n.d.). Pored toga, u fotogrametriji je moguće odrediti i mrežu stalnih točaka koje mogu poslužiti kao osnova za daljnju izmjeru, primjerice katastarsku izmjeru (Kraus, 2006). Prilikom snimanja s kamerom, os snimanja, odnosno optička os objektiva, može biti horizontalna, blago nagnuta, kosa i vertikalna. U terestričkoj fotogrametriji snimci su uglavnom horizontalni, blago nagnuti i kosi, dok su u aerofotogrametriji snimci uglavnom vertikalni. Ukoliko je objekt koji se snima prostoran te ga takvog želimo i prikazati, treba ga snimiti sa dva stajališta, a takvo snimanje naziva se stereoskopsko. Razmak između snimališta naziva se baza snimanja. Kod takvog snimanja nastoji se da oba snimka stereopara budu u jednoj ravnini (Požar, 1976).

Prema načinu dobivanja podataka fotogrametrija se dijeli na analognu, gdje se snimanje provodi optičko mehaničkim uređajima i digitalnu, gdje su snimke učinjene digitalnim kamerama. Digitalna fotogrametrija s tehnikama računalne obrade slike omogućuje gotovo automatizirano dobivanje trodimenzionalnog digitalnog modela objekta (URL 2). Na temelju fotogrametrijskih snimaka moguće je dobiti 3D prikaz objekta, DMR (Digitalni model reljefa) u kojem su pohranjene informacije o obliku, položaju i veličini koje se mogu na različite načine obrađivati u GIS-u, ortofoto karti i kao teksturirani mesh (mrežu trokuta).

2.1. Terestrička fotogrametrija

Kod terestričke fotogrametrije mjerna kamera se nalazi na zemlji. Upravo iz tog razloga omogućeno je snimanje unutarnjih (zatvorenih) prostora objekta (Slika 2.1.1.). Omogućuje prikaz vrlo visoke razine detaljnosti iz razloga što se može snimiti predmet iz više kuteva. Terestrička fotogrametrija ima važnu ulogu kod očuvanja objekata kulturne baštine (URL 3).



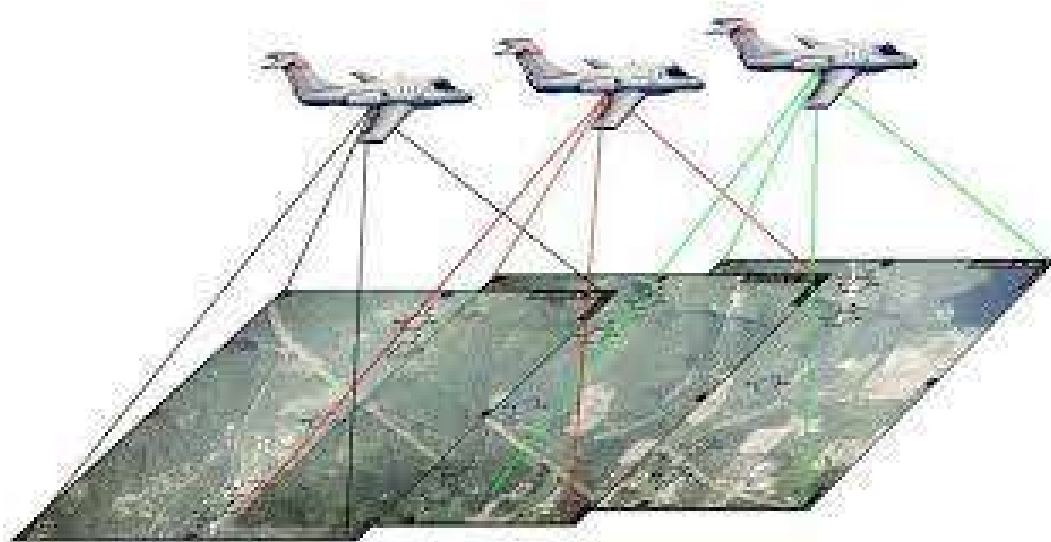
Slika 2.2. Snimanje terestričkom metodom (URL 3)

Terestričke mjerne kamere moraju imati mogućnost kombiniranja s uređajima za mjerenje, mogućnost horizontiranja na podnožju s libelama, pokretljivosti po horizontu, vertikalne pokretljivosti, mora se okretati oko optičke osi. Osim toga, mjerne kamere moraju zadovoljiti opće uvjete koji se odnose na geodetske instrumente, kao što su mogućnost transporta, otpornost na različite vremenske uvjete i sl. Najčešće se koriste fototeodoliti, stereokamere, amaterske kamere i digitalne kamere (Kraus, 2006). Ukoliko se snima udaljen objekt potrebno je koristiti objektiv duge žarišne duljine, a prilikom snimanja objekta koji se nalazi na kratkoj udaljenosti koriste se širokokutni objektiv.

2.2. Aerofotogrametrija

Aerofotogrametrijsko snimanje se može izvoditi analognom ili digitalnom aerofotogrametrijskom kamerom. Kamera se nalazi u letjelici (zrakoplov, helikopter, bespilotna letjelica - dron) (Slika 2.2.1.). Tako mjerne aerokamere moraju imati mogućnost ugrađivanja u

avion i zbog toga moraju biti otporne na radiosmetnje, moraju imati mogućnost pogona istosmjernom strujom 28V i sl. Mjerna kamera za aerosnimanje danas je uvijek sustav kamera, pri čemu se po potrebi pojedini dijelovi sustava mogu kombinirati (Kraus, 2006). Aerofotogrametrijska metoda koristi se za horizontalnu i visinsku izmjeru u svrhu izrade karata različitog mjerila.



Slika 2.3. Aerofotogrametrijska metoda izmjere (Slaviček, n.d.)

Nekad se s analognom kamerom radilo na sljedeći način. Prije početka snimanja iz zraka bilo je potrebno isplanirati aerosnimanje. Plan snimanja se sastoji od dvije komponente; plan leta i specifikacije (kamera, film, mjerilo, tolerancije snimanja itd.). Prilikom planiranja leta trebalo je obratiti pozornost na granične mogućnosti zrakoplova, vrstu proizvoda (linijska karta, fotokarta), reljef terena, format listova proizvoda koji se izrađuju i zahtjeve točnosti. Za plan leta se izrađivala i navigacijska podloga (uvećana aerosnimka ili dobra topografska karta) koja je morala sadržavati područje od interesa, bilo kakve prepreke u letu i zabranjena područja za let (Kraus, 2006).

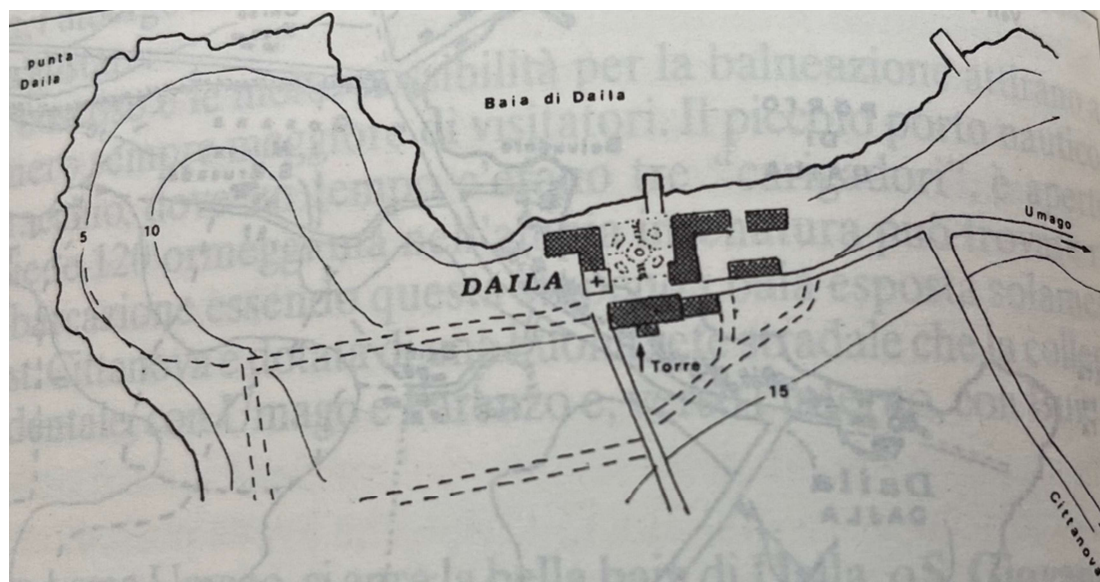
Danas je procedura malo drugačija, radi se projekt aerofotogrametrijskog snimanja kojeg potvrđuje DGU te se on isporučuje kao prilog zahtjeva za odobrenje snimanja iz zraka. Projekt snimanja sastoji se od izvješća projekta aerofotogrametrijskog snimanja, tablice plana leta, plana leta s rasporedom orijentacijskih točaka i kalibracije kamere. Osnovni elementi za planiranje snimanja iz zraka su područje obuhvata, GSD (prostorna veličina slikovnog elementa na terenu), karakteristike kamere, visina leta, smjer leta, uzdužni i poprečni preklop,

karakteristike GPS/IMU sustava, očekivano vrijeme leta i uvjeti snimanja. Najbolje vrijeme za snimanje je pretežito oblačno vrijeme kad nema sjena i bez vjetra. Područje treba biti bez snijega, voda ili drugih čimbenika koji mogu pokriti tlo. Također, utjecaj sjena mora biti minimalan.

Signali u pravilu trebaju biti simetrični, u kontrastu s okolišem, dovoljno veliki da ih se uoči na snimku i dovoljno mali da se može točno i precizno izvršiti mjerenje. Najčešći oblik koji se koristi je oblik križa. Zatim je potrebno pripremiti teren, što obuhvaća fotosignalizaciju stalnih geodetskih točaka, dopunskih geodetskih točaka i granice katastarskih čestica (kod katastarske izmjere). Navedeni korak je nužno obaviti kako bi izmjera bila što točnija i radi kontrole izmjere. Nadalje, potrebno je izabrati instrumentarij te procijeniti cijenu i rok izrade. Snimanje je skup proces, a osim toga i vremenski ograničen. O njemu ovisi vremensko trajanje cjelokupnog projekta. Da bi se ostvarilo potpuno prekrivanje određenog područja, snimanje je potrebno izvršiti s određenim uzdužnim (u smjeru leta unutar niza) i poprečnim preklapom snimki (između susjednih nizova). Uzdužni preklap planira se u iznosu od 60%, a poprečni preklap u iznosu od 30% (Gajski, 2019).

3. BENEDIKTINSKI SAMOSTAN DAJLA

Benediktinski samostan u Dajli sastoji se od glavne zgrade, odnosno ladanjske palače, ispred koje se nalazi glavno dvorište s parkom, crkve sv. Ivana Krstitelja nasuprot koje je zrcalna (nekadašnja kapelanova) kuća, te gospodarska krila koja okružuju park. Sagrađen je i visoki kameni zid koji se od glavne zgrade proteže prema rtu Dajla na zapadu, a podignut je u neoklasicističkoj graditeljskoj fazi, sa zadatkom zaštite maslinika od posolice i udara juga (Slika 3.1.). Na Slici 3.1. se također može vidjeti kako je samostan smješten u luci, s pročeljem okrenutim prema molu (samostan ima prilaz moru), s glavnim ulazom u perivoj građen po francuskom načinu. Ovaj barokno-neoklasicistički kompleks u Dajli jedan je od najznačajnijih i najvećih primjeraka ladanjskog graditeljstva u Istri (Bradanović i dr., 2009).

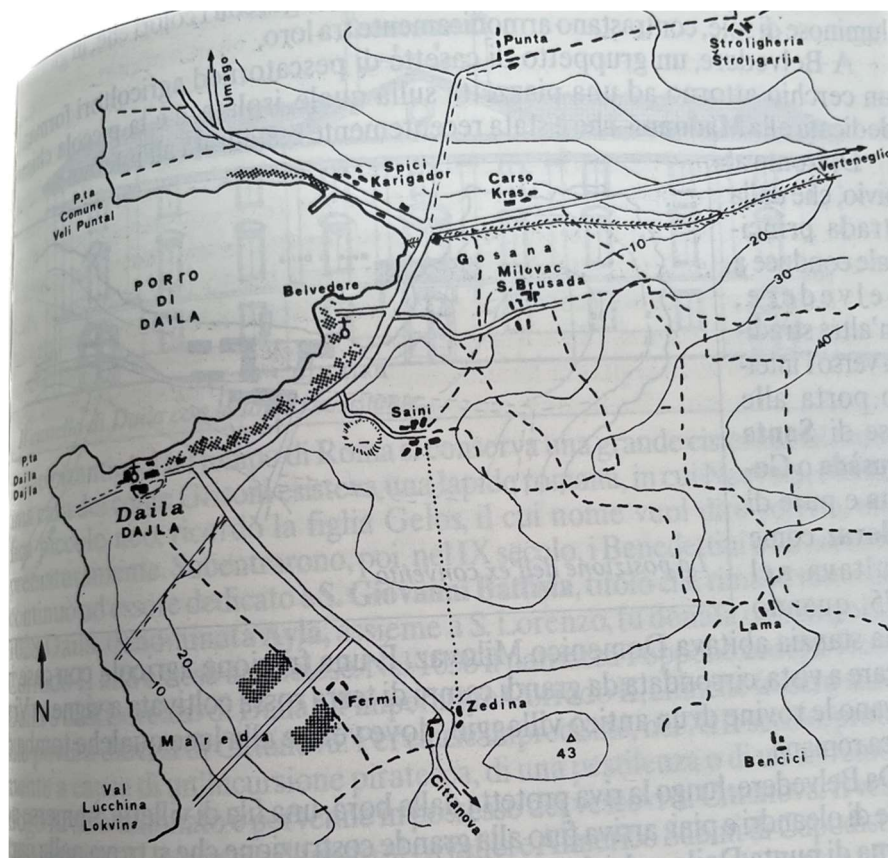


Slika 3.1. Pozicija samostana (Alberi, 1997)

3.1. Lokacija

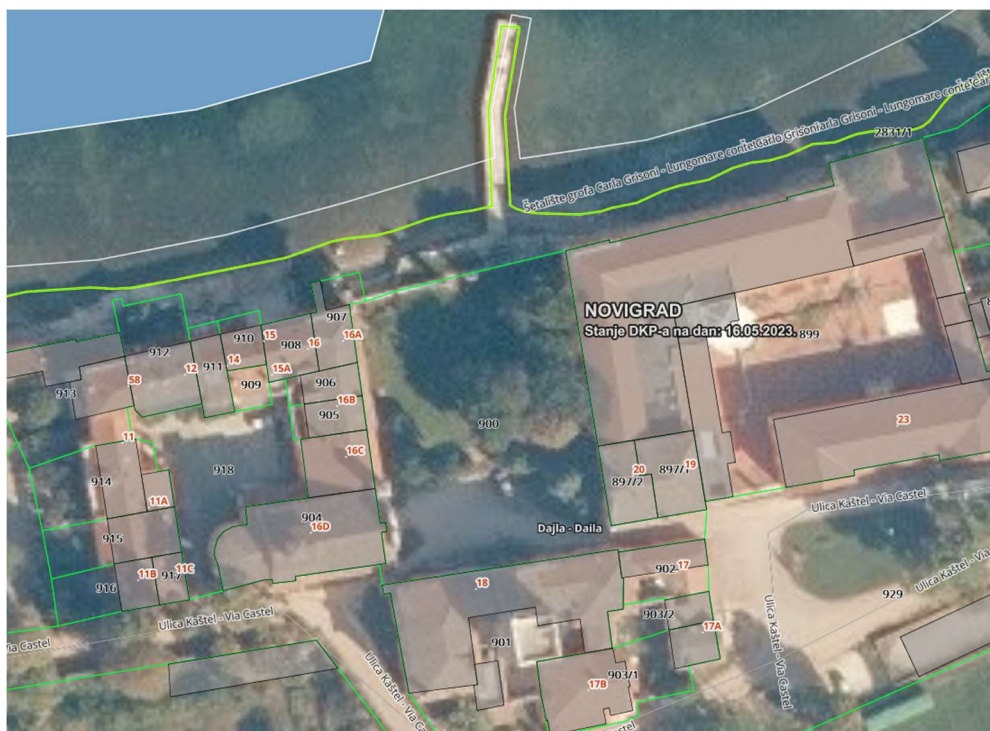
Samostan se nalazi na Istarskom poluotoku u naselju Dajla - Daila, na udaljenosti od 4 km do grada Novigrada na jugu i 10 km do Umaga na sjeveru. Na sjevernom dijelu je okružen s lukom Karigador, a u zaleđu uvale i uz cestu koja vodi duž obale nalaze se zaseoci Fermići, Zidine, Šaini, Milovac i Punta. Ovo područje je pretežito bilo poljoprivredno, ljudi su se bavili ribarstvom, uzgojem maslina, vinove loze i žita. Danas, pojavom turizma, naselje se proširilo kućama za odmor oko cijele obale, otvoreni su restorani, apartmani i autokampovi.

Toponim Dajla dolazi od grčke riječi „daylos“ što znači gust, šumovit, što upućuje na to da je tad cijelo područje, prikazano na Slici 3.2., bilo jedno vlasništvo prekriveno šumom (Alberi, 1997). Kako samostan ima pristup moru, njegov položaj je također i od ekonomske važnosti zbog mogućnosti izvoza poljoprivrednih proizvoda koje nudi luka. Svojom izgledom i funkcijom Dajla se nameće kao gospodarski kompleks, ljetna rezidencija plemića i pravi barokni grofovski dvorac (Matejčić, 1980).



Slika 3.2. Zona Dajle (Alberi, 1997)

Dajla danas pripada katastarskoj općini Novigrad (301949), PUK Pula, odjel Buje. Katastarske čestice koje obuhvaćaju cijeli kompleks samostana su k.č.br. 901, gdje se nalazi ladanjska palača, zatim k.č.br. 904 gdje se nalazi sadašnja Crkva, k.č.br. 897/2 na kojoj se nalazi zgrada koja je sagrađena zrcalno sa Crkvom te k.č.br. 900 na kojoj je park. Slika 3.3. prikazuje sadašnje stanje digitalnog katastarskog plana na geoportalu. U ovom diplomskom radu dati će se pozornost katastarskoj čestici broj 901, odnosno glavnoj zgradi - ladanjskoj palači.



Slika 3.3. Prikaz katastarskih čestica (URL 4)

3.2. Povijesni značaj

U Dajli su pronađena brojna nalazišta iz doba Rimljana, primjerice crno-bijeli mozaici s geometrijskim i spiralnim motivima koji pripadaju staroj paleokršćanskoj crkvi iz V-VI st., umetnutoj u samostan grčkih bazilijanskih redovnika – Calogeri, koji su se naselili u doba bizantske okupacije. U 9. stoljeću benediktinci preuzimaju samostan koji je nastavio biti posvećen sv. Ivanu Krstitelju. 1028. godine car Konrad II. poklanja Dajlu, zvanu Ayla, Akvilejskoj crkvi. Deset godina nakon akvilejski patrijarh ustupa feude Dajla i Lovrečica caru Konradu II. kako bi ih dodijelio siromašnoj biskupiji Cittanova – Novigrad. Iz neutvrđenih razloga u 13.st., vjerojatno zbog gusarskih napada, kuge ili potresa, mjesto je napušteno i dolazi u posjed Novigradskog biskupa. Parentin tumači kako su tijekom 13.stoljeća bile pogođene benediktinske zajednice u cijeloj Istri.

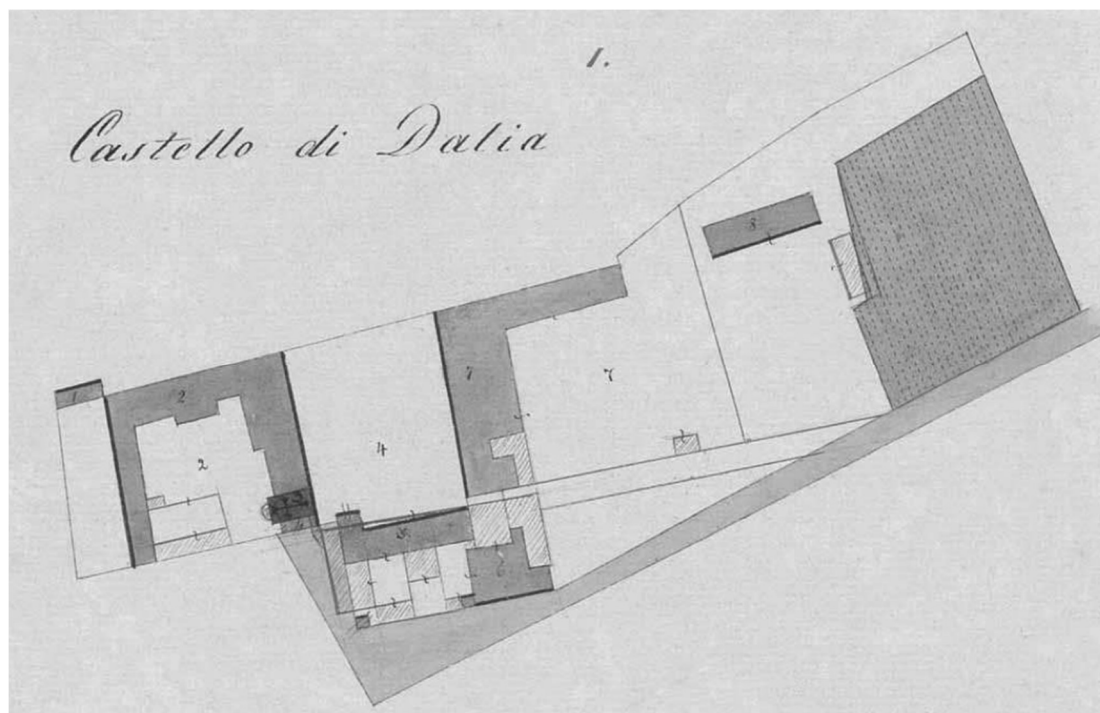
Novigradski biskup Nicolò 1273. godine dodjeljuje feud vitezovima Almericu Sabiniju iz Kopra, čija je obitelj 1437. izdignuta u grofovsku titulu. Sabinjani su izgradili malu palaču, poznatu kao Kaštel Dajla. Naziv Kaštel dobiven je jer je građevina bila branjena zidom s tornjevima i puškarnicama. Kako je mirom u Trevisu krajem 13. stoljeća Dajla postala mletački teritorij, a Vecelino Sabini je sudjelovao u ustanku Kopra protiv Venecije, feud Dajla je

konfisciran. Udovica Bisiola Sabini je poslala molbu mletačkom Senatu da oslobodi feud radi njezinih sinova te je ishod molbe bio uspješan. U to vrijeme imanje je zahvatila malarija koja ga je skroz osiromašila (jedini proizvodi bili su dobiveni od ispaše, kao i ulje i ogrjev za paljenje). Kako je obitelj Sabini ostala bez nasljednika, kaštel 1736. godine nasljeđuju koparski grofovi Grisoni. Dolazi do poboljšanja poljoprivredne proizvodnje, a 1775. godine grof Santo započinje obnovu tadašnjeg kaštela, koju dovršava sin Francesco. Sagrađena su dva bočna krila, čime su srušene neke stare kuće i stara crkva. Lijevo od vile je podignuta nova barokna crkva, a stari Kaštel Dajla (četverokutna građevina sa četiri tornja na uglovima) biva srušen 1830. godine. Na njegovom mjestu je sagrađena vlastelinska vila neoklasičnog stila čiji je projektant francuski arhitekt Le Terrier de Manetot (dovršena 1839.). Sučelice baroknoj crkvi arhitekt de Manetot gradi kapelanov stan istog vanjskog arhitektonskog izgleda kao i crkva.

Nakon tragične smrti sina, grof Francesco Grisoni sastavlja oporuku u korist fratra benediktinskog samostana S. Maria di Praglia (kod Padove), s obvezom da ondje osnuje i uzdržava pučku školu. Benediktinci (zajednica od 12 redovnika), se u vilu naseljuju 1860. godine kad ona opet postaje samostanom koji je funkcionirao sve do 1948. godine. Nakon protjerivanja redovnika svi su otišli u izgnanstvo u Italiju. Posljednjih godina je uz vilu podignut paviljon u kojem se nalazi odmaralište za starije osobe, dok su vila, crkva i kompleks značajno degradirani. Do 1989. godine bivši samostan je služio kao starački dom i ubožnica. Kasnije su se starješine preselile u novo sjedište, Novigrad (Alberi, 1997). Posjed je Republika Hrvatska 1990-ih predala Porečko-pulskoj biskupiji, što se nije svidjelo benediktincima iz samostana u Pragli koji su smatrali da posjed treba pripasti njima. Spor je okončan 2015. godine u korist biskupije.

3.2.1. Kaštel koparske obitelji Sabini

Kaštel je bio kvadratne tlocrtne forme u jugozapadnom i jugoistočnom uglu kompleksa. Stambena zgrada je bila orijentirana prema moru, odnosno sjeveru. Katastar iz 1820. godine pokazuje nekakvo izbočenje u sjeverozapadnom uglu objekta, pored pročelja crkve (Slika 3.4.). Cijeli kompleks su povezivale zidine koje su obrubljivale dvorište na južnoj strani. Također, vidi se kako su postojale male kule u uglovima na južnoj strani, koje nisu bile izbočene u odnosu na zidine (Bradanović i dr., 2009). „U dvorištu su bili uzidani antički epigrafski nalazi kojima danas više nema traga (Parentin, 1967)“.



Slika 3.4. Katastar iz 1820.godine, s reambulacijom iz 1872.godine (Archivio di Stato di Trieste, Catastro fanceschino, Castello di Daila)

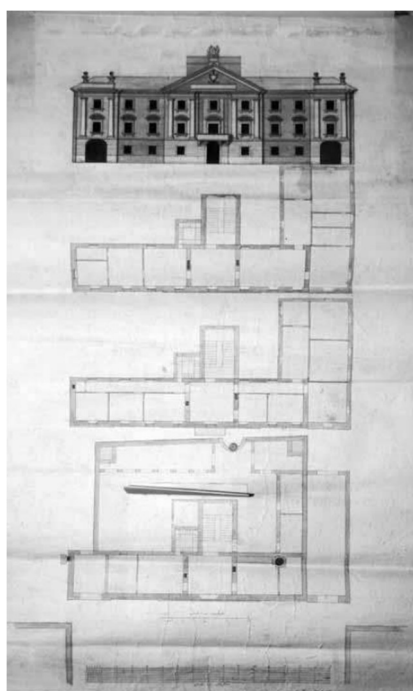
3.2.2. Izgradnje u vrijeme obitelji Grisoni

Kao što je već spomenuto, 1736. godine posjed prelazi u vlasništvo obitelji Grisoni, koja započinje obnovu kaštela. Nova crkva, koja je nastala rušenjem stare crkve i par kuća, je pročeljem okrenuta prema istoku. Nasuprot nje (sjeveroistočno od glavne zgrade) je podignuta kapelanova kuća. Crkva i kapelanova kuća su imale gotovo identična pročelja sa plitkim pilastrima. One tvore formu slova L, dužim krilom prema moru. Glavna zgrada je na zapadnoj strani povezana vijencem sa crkvom. Nad njim se uzdiže zid (atika) unutar kojeg je postavljen kameni brojčani sat. Prema moru su podignuti stubovi koji su zatvarali čitavo dvorište koje je bilo kaskadno organizirano (gornji dio je bio plato između crkve i kapelanovog stana, a donji je bio dio sa gospodarskim zgradama i vrtom). Bila su dva ulaza u samostan; gospodarski ulaz koji je izveden u kasnobaroknoj fazi, koji je bio značajan zbog pomorskog prometa i manji ulaz koji je bio za cestovni prilaz. Na Slici 3.5. može se vidjeti nerealizirana verzija pročelja palače, a na Slici 3.6. vidi se realizirana verzija pročelja i tlocrti palače. Osim pregradnje i dogradnje postojeće palače, došlo je do prigradnje zapadnog krila, niza prostorija uzduž tadašnjeg južnog pročelja, trijema uz južni zid dvorišta i tornja sa stubištem. Važno je napomenuti kako je 1830.

godine, obrada kamena dovedena do industrijske razine, a gotovi elementi su se uvozili, koji su se u Dajli onda samo ugrađivali na pročelje (Bradanović i d., 2009.).



Slika 3.5. Nerealizirana inačica pročelja palače, Pokrajinski arhiv Hoper, Družinski fond Grisoni – Sabini, G. Le Terrier de Manetote, 1798.



Slika 3.6. Pročelje i inačica tlocrta palače, PAK, Družinski fond Grisoni – Sabini, G. Le Terrier de Manetote, 1798.

3.2.3. Dogradnje u vrijeme benediktinaca

Benediktinci iz Praglie koji dolaze na vlast 1860. godine rade neke preinake. Mala katnica koja je prizidana uz glavnu palaču na sjeveroistočnoj strani je izduljena. Crkvi je dodana kružna apsida i sakristija, a zatim i zvonik uz pročelje. Benediktinci su težili za tim da spoje glavnu palaču i crkvu, a to su učinili uskim hodnikom preko lučne konstrukcije ulaza. Krajem 19. stoljeća uređena je crkva, zatim unutrašnjost glavne zgrade, koja je pregrađena zidom od opeke i hrastovih daščica. 1877. godine podignuto je manje groblje za redovnike i druge stanovnike Dajle. Početkom 20. stoljeća se na sjeveroistočnom prilazu gradi niz novih gospodarskih zgrada i škola. Na donjem dvorištu uređuje se perivoj koji je održavan do kraja benediktinskog boravka, zatim je prema zapadnom rtu Dajla podignut armiranobetonski silos.

Nakon što su benediktinci protjerani došlo je do prigradnje glavne zgrade za potrebe umirovljeničkog doma, što je dovelo do degradacije u arhitektonskom smislu. U sedamdesetim godinama prošlog stoljeća započinju intenzivne dogradnje i adaptacije zapadnog gospodarskog krila koje nisu bile baš kvalitetne te su degradirale izgled. Dajla je pretrpila mnogo modela revitalizacije, od doma umirovljenika, vikend-adaptacije do ugostiteljstva za potrebe masovnog turizma (Bradanović i dr., 2009). Na Slici 3.7. prikazan je cijeli kompleks samostana sa ladanjskom palačom, crkvom, gospodarskim zgradama, perivojem, silosom te molom koji vodi do mora.



Slika 3.7. Današnji prikaz samostana (URL 5)

4. IZMJERA SAMOSTANA

4.1. Metodologija

Praktični dio zadatka obavljen je terestričkom i aerofotogrametrijom. Prije mjerenja obavljeno je rekognisciranje terena kojim su utvrđene pozicije osam kontrolnih točaka. Na te pozicije postavljene su crno-bijele orijetacijske točke kojima su određene koordinate pomoću GNSS Emlid Reach M2 uređaja i Emlid Flow android aplikacije. Jedan dio fotografija prikupljen je fotografiranjem iz ruke, dok je drugi dio dobiven pomoću teleskopskog štapa na kojem se nalazila mjerna kamera Nikon Z5. Fotoaparat je prethodno povezan sa mobitelom pomoću aplikacije SnapBridge, tako da je bilo moguće fotografirati i do 5m visine. Nakon fotografiranja iz različitih kuteva i na različitim visinama prikupljeno je 1580 fotografija. Krov i objekti koji nisu vidljivi na tim fotografijama, snimljeni su pomoću drona. Isplanirane su dvije misije za koje su promijenjene tri baterije. Misije leta, visina i brzina leta su unaprijed isplanirani pomoću UgCS softvera. Vrlo je važno bilo da se prije leta kontrolne točke dobro signaliziraju kako bi bile vidljive sa visine na kojoj leti dron te kako bi se kasnije snimke mogle georeferencirati.

Nakon obavljenog praktičnog dijela zadatka kreće obrada snimljenih podataka. Obrada se izvršila u softveru RealityCapture. Kao konačni rezultat obrade dobiven je trodimenzionalni model cijelog kompleksa samostana.

4.2. Pravna regulativa

Zahtjev za izdavanje odobrenja za snimanje iz zraka podnosi se putem DGU e-aplikacije. No, prije podnošenja zahtjeva bilo je potrebno dobiti suglasnost vlasnika katastarske čestice na koja je bila predmet snimanja. U konkretnom slučaju radilo se o katastarskoj čestici broj 900, koja se nalazi u katastarskoj općini Novigrad (Mbr. 301949). U posjedovnom listu broj 1093 i u zemljišno knjižnom izvratku (broj ZK uloška 1940) navodi se kako je posjednik „Dom umirovljenika Dajla“ (Slika 4.1.) i vlasnik „Dom za starije osobe Novigrad“ (Slika 4.2.). Stoga je zahtjev za dopuštenjem odnesen 21. veljače u ured ravnateljice Doma za umirovljenike koja je potpisala i dopustila snimanje (Slika 4.3.).



REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA
PODRUČNI URED ZA KATASTAR PULA-POLA
ODJEL ZA KATASTAR NEKRETNINA BUJE-
BUJE

NESLUŽBENA KOPIJA

Stanje na dan: 23.04.2024. 20:29

PRIJEPIS POSJEDOVNOG LISTA

Katastarska općina: NOVIGRAD (Mbr. 301949)

Posjedovni list: 1093

Udio	Prezime i ime odnosno tvrtka ili naziv, prebivalište odnosno sjedište upisane osobe	OIB
1/1	DOM UMEROVJENIKA DAJLA, NEPOZNATO NASELJE	

Podaci o katastarskim česticama

Z _{gr}	Dio	Broj katastarske čestice	Adresa katastarske čestice/Način uporabe katastarske čestice/Način uporabe zgrade, naziv zgrade, kućni broj zgrade	Površina/m ²	Broj D.L.	Posebni pravni režimi	Primjedba
		900	DAJLA	1653	6		
			NEPLODNO OSTALO	1653			
Ukupna površina katastarskih čestica				1653			

NAPOMENA: Ovaj prijepis posjedovnog lista nije dokaz o vlasništvu na katastarskim česticama upisanim u posjedovnom listu.

Slika 4.1. Prijepis posjedovnog lista



REPUBLIKA HRVATSKA

Općinski sud u Pazinu
ZEMLJIŠNOKNJIŽNI ODJEL BUJE - BUJE
Stanje na dan: 23.04.2024. 20:26

Verificirani ZK uložak

Katastarska općina: 301949, NOVIGRAD

Broj ZK uložka: 1940

Broj zadnjeg dnevnika: Z-7935/2021
Aktivne plombe:

IZVADAK IZ ZEMLJIŠNE KNJIGE

A
Posjedovnica
PRVI ODJELJAK

Rbr.	Broj zemljišta (kat. čestice)	Oznaka zemljišta	Površina			Primjedba
			jutro	čhv	m2	
1.	900	PARK			1653	
		UKUPNO:			1653	

DRUGI ODJELJAK

Rbr.	Sadržaj upisa	Primjedba
1.1	<p>Zaprimljeno 12.05.2021.g. pod brojem Z-7935/2021</p> <p>ZABILJEŽBA, NEKRETNINA JE KULTURNO DOBRO, RJEŠENJE KONZERVATORSKOG ODJELA U PULI ZA PODRUČJE ISTARSKJE ŽUPANIJE, KLASA: UP/I-612-08/21-05/0036 URBROJ: 532-05-02-10/8-21-2 30.04.2021, kčbr. 900 u AI, stavlja pod preventivnu zaštitu Samostanskog kompleksa u Dajli, Dajla - Daila do donošenja rješenja o utvrđivanju svojstva kulturnog dobra, sukladno članku 10. Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, a najduže 4 (četiri) godine od dana donošenja Rješenja.</p>	

B
Vlastovnica

Rbr.	Sadržaj upisa	Primjedba
1.	Vlasnički dio: 1/1	
	DOM ZA STARIJE OSOBE NOVIGRAD - CASA PER ANZIANI CITTANOVA, OIB: 63948970882, ULICA DOMOVINSKIH ŽRTAVA - VIA DEI CADUTI PER LA PATRIA 14, NOVIGRAD 52466 NOVIGRAD (CITTANOVA)	

C
Teretovnica

Rbr.	Sadržaj upisa	Iznos	Primjedba
	Tereta nema!		

Potvrđuje se da ovaj izvadak odgovara stanju zemljišne knjige na datum 23.04.2024.

Slika 4.2. Izvadak iz zemljišne knjige

DOM ZA STARIJE OSOBE
Ulica Domovinskih žrtava 14,
52466 Novigrad

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU-GEODETSKI FAKULTET
Kačićeva 26, HR - 10000 Zagreb
doc. dr. sc. Loris Redovniković

PREDMET: Snimanje iz zraka na k.č.900k. o.Novigrad

- odobrenje, dostavlja se

Po zahtjevu Sveučilišta u Zagrebu, geodetskog fakulteta, Kačićeva 26, HR _10000 Zagreb (KLASA: 936-05/24-01/1•, URBROJ: 251-65-01-24-1) od 21.02.2024. godine, u predmetu izdavanja odobrenja za snimanje iz zraka na površini u nadležnosti Doma za starije osobe radi potrebe izrade diplomskog rada, a vezano na odredbe članka 6. Uredbe o snimanju iz zraka („Narodne novine” broj 77/2020), izdaje:

SUGLASNOST

za snimanje iz zraka na površini u nadležnosti Doma za starije osobe (k.č.br.900 k.o. Novigrad) radi potrebe izrade diplomskog rada, koje izvodiodoc. dr. sc.Loris Redovniković.

Obrazloženje

Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, podnio je zahtjev za snimanje iz zraka na površini u nadležnosti Doma za starije osobe (na katastarskoj podlozi označeno kao k. č. br. 900 k.o. Novigrad) na dijelu naselja Dajla.

Pregledom zahtjeva utvrđeno je da su zadovoljeni uvjeti za izdavanjem Suglasnosti u smislu Uredbe o snimanju iz zraka („Narodne Novine” broj 77/2020), te isto može služiti isključivo kao prilog Zahtjevu za odobrenje snimanje iz zraka pri Državnoj geodetskoj upravi, sukladno članku 9. Uredbe.



Slika 4.3. Odobrenje vlasnika za snimanje iz zraka

Idući korak bio je generiranje zahtjeva putem e-aplikacije. Prema *Uredbi o snimanju iz zraka* zahtjev mora sadržavati: podatke o naručitelju snimanja, podatke o snimatelju, podatke o operatoru snimanja, podatke o zrakoplovu, podatke o operatoru zrakoplova, podatak o planiranom razdoblju snimanja (do tri mjeseca), svrsi snimanja, podatak radi li se o ciljanom snimanju, podatke o vrsti snimanja, dokaz o registriranoj djelatnosti snimanja iz zraka izdanog od strane nadležnog tijela države u kojoj ima poslovni nastan, plan snimanja na odgovarajućoj kartografskoj podlozi u prikladnom mjerilu s označenim područjem snimanja i popisom koordinata lomnih točaka područja snimanja te posljednje, priloženu suglasnost vlasnika (URL 7). Nakon prilaganja sve te dokumentacije, iz DGU automatski pošalju generirani Zahtjev kojeg je dekan fakulteta potpisao i tako potpisani zahtjev trebalo je ponovo uploadati na web stranicu. Nakon nekog vremena stiglo je odobrenje za snimanje iz zraka (Slika 4.4.) u vremenskom periodu od 20.4.2024. do 20.7.2024. godine.

Nakon snimanja iz zraka potrebno je, također putem e-aplikacije, podnijeti zahtjev za uporabu zračnih snimki. Ispunjava se zahtjev za izdavanje odobrenja za uporabu zračnih snimki. Nakon dobivenog dopuštenja moguća je objava snimljenih podataka.



REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA

SEKTOR ZA DRŽAVNU IZMJERU
SLUŽBA ZA TOPOGRAFSKU IZMJERU
I DRŽAVNE KARTE

KLASA: UP/I 801-02/24-07/378
URBROJ: 541-02-02-02/5-24-2
Zagreb, 12.04.2024.

SVUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET
ZAGREB

Primalac:	12.04.2024.		
Klasifikacijski oznaka:	936-05/24-01/1		Ustroj jed.
Unakladni broj:	541-02-02-02/5-24-2	Prih.	Vrij.

Državna geodetska uprava na temelju članka 98. stavka 3. Zakona o obrani („Narodne novine“, br. 73/13, 75/15, 27/16, 110/17, 30/18, 70/19), temeljem zahtjeva Sveučilišta u Zagrebu – Geodetskog fakulteta u postupku izdavanja odobrenja za snimanje iz zraka, donosi

RJEŠENJE

1. Sveučilištu u Zagrebu - Geodetskom fakultetu, OIB: 43594593297, **odobrava se snimanje iz zraka** područja k.o. Novigrad, k.č.900 označenog na planu snimanja dostavljenom uz zahtjev za izdavanje odobrenja.
2. Snimanje iz zraka će se izvršiti od 20.04.2024. do 20.07.2024. , u svrhu izrade diplomskog rada.
3. Naručitelj snimanja Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet je dužan prije uporabe, a najkasnije u roku od osam dana od dana snimanja, dostaviti zračne snimke Državnoj geodetskoj upravi na pregled.

Obrazloženje

Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet, OIB 43594593297 je dana 09.04.2024. podnio zahtjev za snimanje iz zraka u skladu sa člankom 98. stavkom 2. Zakona o obrani („Narodne novine“, br. 73/13, 75/15, 27/16, 110/17, 30/18, 70/19 – dalje: Zakon) i člankom 9. Uredbe o snimanju iz zraka („Narodne novine“, br. 77/20).

U postupku po zahtjevu za izdavanje odobrenja za snimanje iz zraka izvršen je uvid u popis i položaj vojnih lokacija i građevina iz članka 96. stavka 1. Zakona, te je utvrđeno da se na području snimanja **ne nalaze** vojne lokacije i građevine.

Nadalje, iz zahtjeva je utvrđeno da će izvršitelj snimanja Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet, OIB 43594593297 za obavljanje letačkih operacija u vremenu iz točke 2. izreke rješenja koristiti zrakoplov DJI, Phantom 4 Pro V2.0, HRVb8967ac59e58c-898.

Zahtjev je osnovan, te je sukladno članku 98. stavak 3. Zakona, riješeno kao u izreci.

Dužnost naručitelja snimanja iz točke 3. izreke rješenja određena je u skladu sa člankom 98. stavkom 6. Zakona.

Napomenom iz tarifnog broja 1. Tarife upravnih pristojbi Uredbe o tarifi upravnih pristojbi („Narodne novine“, br. 156/2022), na zahtjeve, molbe, prijedloge, prijave i druge podneske, pristojba po tarifnom broju 1. ne plaća se pred tijelima državne uprave.

Pouka o pravnom lijeku:

Protiv ovoga rješenja žalba nije dopuštena, ali se može pokrenuti upravni spor podnošenjem tužbe nadležnom upravnom sudu, u roku od 30 dana od primitka ovoga rješenja.

Voditelj Službe za topografsku izmjeru i državne karte:

Igor Vilus, dipl. ing. geod.



Dostaviti:

1. Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Croatia
2. Ministarstvo obrane, Sektor za obrambenu politiku i planiranje, Stančićeva 6, 10000 Zagreb
3. Pismohrana, ovdje

Slika 4.4. Rješenje Državne geodetske uprave

4.3. Korištena oprema

Za potrebe praktičnog dijela zadatka korišten je GNSS prijemnik Emlid Reach M2 za određivanje koordinata orijentacijskih točaka. One su stabilizirane pomoću čeličnih čavla i čekića, a signalizirane crno-bijelim markerima. Korišten je fotoaparati *Nikon Z5* za snimanje fotografija iz različitih kuteva, teleskopski štap pomoću kojeg je prikupljen određen broj fotografija sa različitih visina te mobilni uređaj *iPhone 12 Pro* za daljinsko upravljanje sa fotoaparatom na teleskopskom štapu. Konačno, za snimanje iz zraka, odnosno dijelova koji nisu bili vidljivi sa zemlje, korišten je dron *DJI Phantom Pro 4 V2.0*.

4.3.1. GNSS Emlid M2

Kako *Emlid* navodi na službenim stranicama, GNSS omogućuje pozicioniranje sa centimetarskom točnošću u RTK i PPK. Za to, *Reach* treba primiti korekcije s bazne stanice (npr. drugi *Reach* prijemnik ili neki prijemnik koji podržava RTCM3 i NTRIP). Virtualna referentna stanica (VRS) je također podržana. Ovaj višekanalni GNSS RTK modul (Slika 4.5.) koji se nalazi u paketu uključuje *Reach M2*, mikro USB kabel, JST-GH kabel sa šest pinova i JST-GH kabel sa pet pinova za spajanje na blizinu. *GNSS Emlid M2* prijemnik ima mogućnost sinkronizacije sa kamerom, a to je bitno jer inače autopilot aktivira kameru i bilježi koordinatu svaka 4 metra, što nije prikladno precizno georeferenciranje, a i postoji odgoda između okidača i stvarnog trenutka snimanja fotografije. *Reach* se može povezati i sa priključkom na fotoaparatu, koji je sinkroniziran sa zatvaračem tako da svaki put kad se snimi fotografija, kamera proizvede puls na priključku koji je sinkroniziran s otvaranjem zatvarača. Taj puls *Reach* bilježi kao vrijeme i koordinate svake fotografije u rezoluciji manjoj od mikrosekunde koje pohranjuje u RINEX zapis u internoj memoriji. Nakon leta, RINEX podatke moguće je preuzeti sa *Reach* modula u zraku i bazne stanice (*Reach RS*, *CORS...*) te ih obraditi u besplatnom softveru *RTKLIB* ili u aplikaciji *Emlid Studio*. Ta datoteka sa koordinatama fotografija može se koristiti za georeferenciranje. Na taj način, korištenje GCP-ova služi samo za provjeru točnosti. Ostale specifikacije su navedene u Tablici 4.1.

Također, postoji i *Emlid Flow* aplikacija koja je sinkronizirana s uslugom temeljenom na oblaku *Emlid Flow 360*. Na aplikaciji nalaze se svi podaci prikupljeni na terenu, informacije o prijemniku, prikazuje trenutnu satelitsku snimku i lokaciju na karti. Ima ugrađenu satelitsku kartu, no moguće je mijenjati slojeve, pa se tako može učitati topografska karta, katastarski

plan, WMS podaci i sl. Nakon povezivanja mobitela preko osobnog hotspota sa *Emlid M2 Reach* prijemnikom, na aplikaciji se odabere broj epoha odnosno vrijeme prikupljanja podataka te se kreće sa mjerenjem pritiskom na tipku *Measure*. Na taj način je vrlo pojednostavljen rad.



Slika 4.5. GNSS Reach M2, baza Reach RS2 i dodaci (URL6)

Tablica 4.1. Specifikacije GNSS Emlid Reach M2 (URL 6)

Mehaničke specifikacije	
Dimenzije	15.4 x 45.3 x 14.6 mm
Težina	35 g
Operativna temperatura	-20°C do 65°C
Praćenje	
Broj kanala	184
Praćenje signala	GPS/QZSS L1C/A, L2C GLONASS L1OF, L2OF

	BeiDou B11, B21 Galileo E1B/C, E5b
Rate ažuriranja	10 Hz GNSS
Praćenje pozicioniranja	
Statika	H: 4 mm + 0.5 ppm, V: 8 mm + 1.0 ppm
Kinematika	H: 7 mm + 1.0 ppm, V: 14 mm + 1.0 ppm
Komunikacija	
LoRa radio	868/915 MHz, doseg 8 km
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.0/2.1 EDR
U/I	USB, UART, Event
Podaci i memorija	
Korekcije	NTRIP, VRS, RTCM3
ASCII izlaz	NMEA, LLH/XYZ
Zapis	RINEX do 10 Hz
Memorija	Interna, 16 GB

4.3.2. Fotoaparat Nikon Z5

Za terestričko fotogrametrijsko snimanje korišten je fotoaparat *Nikon Z5* (Slika 4.6.) s kojim se snimao objekt sa zemlje. Bezrcalni fotoaparat sa objektivom je lagan i jednostavan za korištenje. Sustav EXPEED 6 povećava izvedbu CMOS senzora od 24,3 megapiksela koji skuplja svjetlost ultraširokog Z-mounta. Radi širokog raspona ISO vrijednosti (100-51200; proširiva do 102400) moguća je prilagodba promjenjivom svjetlu, bez šuma, neovisno o visokim ili niskim ISO vrijednostima. Još jedna stvar koja pridonosi čistim slikama je brzina

zatvarača koja je pet koraka dulja. Zaštićen je od vremenskih uvjeta legurom magnezija. Ostale specifikacije navedene su u Tablici 4.2.



Slika 4.6. Fotoaparar Nikon Z5 (URL 8)

Tablica 4.2. Tehničke specifikacije fotoaparata Nikon Z5 (URL 9)

Efektivni vidni kut	FX (puni format)
Senzor slike	CMOS, 35.9 mmx 23.9 mm
Ukupan broj piksela	24.93 milijuna
Efektivni broj piksela	24.3 milijuna
Format datoteke	NEF (RAW): 12 ili 14-bitni; JPEG
Povećanje	cca. 0,8-kratno (50 mm objektiv u beskonačnosti, $-1,0 \text{ m}^{-1}$)
Senzor za oko	Automatsko prebacivanje između zaslona i slike u tražilu
Podešavanje dioptrije	Od -4 do $+2 \text{ m}^{-1}$
Min. Brzina zatvaranja	30 sek
Max. Brzina zatvaranja	1/8000 sek

4.3.3. Dron DJI Phantom 4 Pro V2.0

Za aerofotogrametrijsko snimanje benediktinskog samostana u Dajli, korišten je dron DJI Phantom 4 Pro V2.0 (Slika 4.7.). Kako se krov i ostali visoki detalji nisu mogli snimiti terestričkom metodom, bilo je potrebno obaviti snimanje iz zraka. Dron prikuplja veliki broj fotografija visoke rezolucije, koje se međusobno preklapaju.

S 1-inčnim CMOS senzorom mogu se snimati fotografije od 20 megapiskela. Kako bi snimanje bilo što preciznije i sigurnije postoji OcuSync 2.0 HD sustav prijenosa, koji detektira prepreke u pet smjerova te daljinski upravljač. Ima nekoliko definiranih načina leta koji olakšavaju upravljanje, pa tako *Active Track* prepoznaje i automatski slijedi ljude i objekte koji se kreću. Opcija *Return to Home (RTH)* automatski računa najpovoljniju rutu povratka nazad, ovisno o uvjetima na terenu i preprekama. *TapFly* ikona omogućuje odabir kursa jednim klikom na zaslone, a *Draw Mode* omogućuje iscrtavanje rute kojom želimo da dron leti. FlightAutonomy platforma za zračnu inteligenciju i automatizaciju leta, omogućuje snimanje složenijih slika, pogled na okoliš u stvarnom vremenu i 3D kartu. DJI Phantom 4 Pro ima Gimbal kameru te mehanički zatvarač koji eliminira „rolling shutter“ izobličenje do kojeg može doći snimanjem velikom brzinom ili nekih objekata u pokretu. Zbog širokokutne leće $f/2.8$ snimljene fotografije su vrlo detaljne, živopisne i oštre sa točnim bojama. Koriste ga profesionalni kreatori upravo zbog naprednog senzora koji omogućuje dobre snimke za naprednu obradu (URL 10).

IMU (egl. *Inertial Measurement Unit*) i kompas nadziru kritične podatke i isključuju moguće pogreške povećavajući pouzdanost leta. OcuSync 2.0 HD sustav prijenosa koristi tehnologiju vremenskog multipleksiranja za slanje kontrolnih signala i primanje video signala istovremeno. To omogućuje 1080p prijenos uživo na udaljenosti do deset kilometara. Kombinira 2.4 GHz i 5.8 GHz iz razloga što traži frekvencijski pojas s najmanjim smetnjama (URL10). Prema specifikacijama proizvođača, baterija daljinskog upravljača traje pet sati, a drona oko 30 minuta. Aplikacija DJI GO 4 omogućuje praćenje kapaciteta baterije i izračunava preostalo vrijeme za let. Prije početka snimanja baterije su bile skroz napunjene. Radi vremenskih uvjeta koji utječu na vijek trajanja baterije, a i sigurnosnih razloga, nakon dvije misije od 15 minuta, promijenjene su dvije baterije.



Slika 4.7. Dron DJI Phantom 4 Pro V2.0

4.4. Tijek izmjere

Dana 22. travnja, izvedeno je snimanje benediktinskog samostana. Kako je već ranije spomenuto, snimanje je izvršeno terestričkom i aerofotogrametrijskom metodom. Izmjera je započela u ranim jutarnjim satima iz razloga što u samo svitanje nema sjena i kreće se manje ljudi, a po prognozi se kasnije povećavala jačina vjetera. Izmjera je započela u 6 sati sa postavljanjem točaka geodetske osnove i trajalo do 10 sati. Tijekom izmjere su na dronu promijenjene tri baterije, a na fotoaparatu dvije. Pri izvođenju mjerenja sudjelovao je mentor doc. dr. sc. Loris Redovniković i ja, Karla Jugovac.

4.4.1. Određivanje GCP točaka

Rekognisciranjem terena odabrane su pozicije za postavljanje orijentacijskih točaka. Na orijentacijske točke (GCP) zabijeni su metalni čavli te su GNSS-om izmjerene njihove koordinate. Te su točke zatim signalizirane plastificiranim crno-bijelim oznakama kako bi bile vidljive iz zraka (Slika 4.8.). GCP se postavljaju radi poboljšanja točnosti. Koordinate orijentacijskih točaka izmjerene su u tri epohe po 30 sekundi na svakoj točki (Slika 4.9.), a

konačna vrijednost je izračunata kao aritmetička sredina od te tri epohe (Tablica 4.3.). Položaj kontrolnih točaka prikazan je uz pomoć QGIS softvera na Slici 4.10.



Slika 4.8. Prikaz signalizacije GCP-a na terenu



Slika 4.9. Opažanje GCP-a pomoću GNSS uređaja

Tablica 4.3. Popis koordinata GCP u HTRS96/TM projekcijskom koordinatnom sustavu.

Broj točke	E	N	h
1	268318.186	5027782.312	1.554
2	268293.448	5027778.815	1.119
3	268310.084	502776.477	3.189
4	268316.669	5027738.649	4.417
5	268291.063	5027718.314	5.151
6	268318.234	5027724.189	7.037
7	268355.332	5027736.271	5.605
8	268307.537	5027736.271	4.429
9	268325.977	5027740.644	4.468



Slika 4.10. Prikaz položaja GCP (QGIS)

4.4.2. Terestrička fotogrametrijska izmjera

Fotoaparatom su snimljene fotografije iz različitih kuteva na način da postoje dovoljni preklopi (objašnjeno u poglavlju iznad). Na početku snimanja izvršeno je povezivanje Nikon Z5 fotoaparata sa mobilnom aplikacijom SnapBridge koja je prethodno instalirana na mobitel. SnapBridge aplikacija dostupna je za iOS i Android te omogućuje stalnu povezanost mobilnog uređaja sa fotoaparatom putem Bluetooth i Wi-Fi tehnologije. Na taj način moguće je snimljenu fotografiju sa Nikon Z5 fotoaparatom, automatski vidjeti na mobitelu. Također, pomoću mobilnog uređaja omogućuje se daljinsko upravljanje fotoaparatom (URL 7).

Nakon povezivanja, u ovisnosti o uvjetima na terenu namješteni su parametri poput osjetljivosti senzora na svjetlo (ISO), otvora blende (f) i brzine zatvarača. Najprije se namješta ISO osjetljivost senzora na svjetlost. Što je ISO vrijednost niža, to je senzor manje osjetljiv i zato se postižu bolji rezultati u uvjetima dobre osvjetljenosti. Viši ISO može dovesti do šuma odnosno zrnate fotografije. Pa je tako ISO vrijednost za vrijeme snimanja konstantno bila postavljena na 100. Nakon postavljanja ISO vrijednosti, namješta se otvor blende f. Što je f broj manji to je otvor veći i sukladno tome dovodimo veću količinu svjetlosti na senzor. Brzina zatvarača je vrijeme kroz koje se svjetlost prodire do senzora kamere. Mjeri se u sekundama ili djelićima sekundi. Brzinu zatvarača prilagođavamo otvoru blende i ISO vrijednosti. Što je niži ISO treba više svjetla, te otvor blende treba biti veći (f broj manji). Naime, ako smanjimo otvor blende dolazi manje svjetlosti na senzor, te moramo smanjiti brzinu zatvarača kako bi na senzor došlo dovoljno svjetlosti.

Za vrijeme snimanja vrijeme je bilo pretežito oblačno, što je pogodno za snimanje jer nema sjena. Na mjestima gdje je bila dobra osvjetljenost, otvor blende f je bio postavljen na 5.6, a brzina zatvarača na 1/160 s. Kad se pojavilo sunce, otvor blende f je povećan na 9 kako fotografija ne bi bila presvijetla. Kad je kamera bila na teleskopskom štapu, na visini od 5 m, brzina zatvaranja smanjena je na 1/250 s zbog trešnji. Snimljeno je ukupno 1618 fotografija iz različitih kuteva što je bilo dovoljno za daljnju obradu i izradu 3D modela. Na temelju tih fotografija u softveru je kreiran trodimenzionalan model.

4.4.3. Aerofotogrametrijska izmjera

Prije izlaska na teren, izrađen je plan leta, koji se na terenu malo korigirao s obzirom na postavljene orijentacijske točke. U UgCS softveru su isplanirane dvije misije, svaka u trajanju od oko 15 minuta. UgCS softver, tvrtke SPH, osmišljen je za planiranje leta za dronove i kontrolu leta. Osim DJI dronova, podržava i FreeFly, Inspired Flight i druge. Softver za kontrolu leta je jako bitan zato što omogućava brzo i ekonomično prikupljanje podataka. Spomenuti softver nije besplatan, za razliku od nekih drugih, ali omogućava profesionalno planiranje letачke misije. Sadrži ugrađen alat za georeferenciranje fotografija, koji omogućuje sinkronizaciju vremenskih oznaka slika s telemetrijskim podacima autopilota snimljenim tijekom leta. Nakon tog usklađivanja, podaci se mogu koristiti za daljnju obradu. Postoji nekoliko koraka kojih se treba pridržavati prilikom planiranja misije.

Prvo je potrebno odrediti GSD (engl. *Ground Sampling Distance*). To je prostorna rezolucija senzora, odnosno udaljenost između dva susjedna piksela na slici na površini tla iskazana u centimetrima. GSD je obično definiran od strane korisnika (npr. mjerilo digitalne karte i razlučivost). GSD utječe o razini detalja koji će biti prikazani na slici. Primjerice, objekt sa 3cm/pix će biti detaljnijeg prikaza nego objekt sa 15 cm/pix. Što je GSD manji, to je dulje vrijeme leta, veći broj fotografija i duža obrada podataka. Korisnik također definira područje obuhvata, na način da granice odredi ručno ili uveze iz *.kml formata. Preklopi bi trebali biti barem 60% uzdužno i 30% poprečno, no ako su površine vizualno ujednačene (pijesak, snijeg), te postavke se mogu povećati.

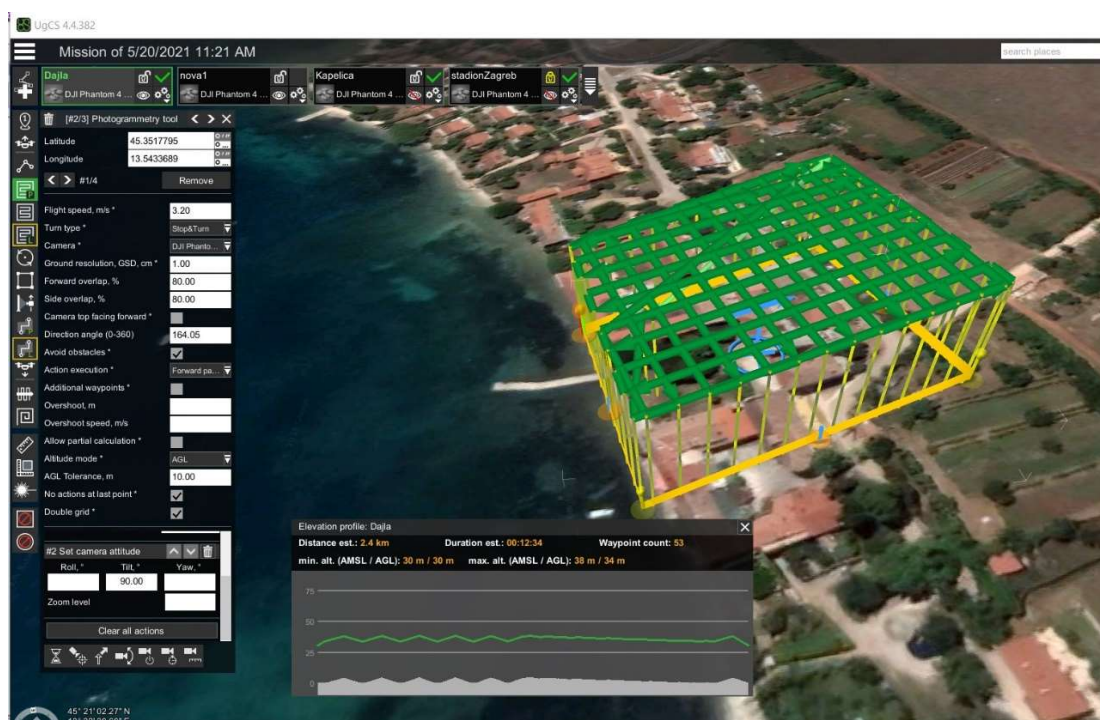
Idući korak je učitavanje karte. UgCS pruža pristup raznim uslugama, kartama i SRTM podacima o nadmorskoj visini. Piloti mogu učitati podatke o nadmorskoj visini iz prethodnih izmjera ili iz satelitskih podataka u UgCS i napraviti točniji plan leta.

Nakon toga slijedi planiranje misije koje se sastoji od dvije faze: inicijalnog planiranja i podešavanja rute. Početno planiranje iziskuje određivanje obuhvata mjerenja ručno postavljajući oznake na osnovnu kartu ili upisivanjem rubnih koordinata točaka. Drugi način je uvoz granica obuhvata iz *.kml formata. Nakon namještanja postavki za GSD i preklop, softver automatski izračunava rutu. Automatski izračunata ruta nije uvijek sigurna, stoga se vrši podešavanje (validacija) rute. Softver generira putanju (označena zelenom polilinjom) koja će

biti učitana u dron. Piloti provjeravaju i postavljaju ostale parametre leta, kao što su nadmorska visina leta, smjer, način upravljanja kamerom, mjesto polijetanja i slijetanja i dr. (URL 11).

Za prvu misiju uzeto je malo veće područje. Na slici 4.11. je žutom linijom prikazano područje obuhvata, dok je ruta drona prikazana zelenom linijom iznosila 2.4 km, u trajanju od 12 minuta i 34 sekunde. Ruta se trasira prema nadmorskoj visini s konstantnom visinom iznad tla AGL ili iznad srednje razine mora AMSL. Minimalna vrijednost visine iznad tla bila je 30 m, a najveća visina iznad tla 34 m, odnosno 38 m iznad srednje razine mora. Softver stvara međutočke za koje automatski računa narmosku visinu. U ovom je slučaju bilo 53 međutočke i one su prikazane okomitim žutim linijama. Brzina leta iznosila je 3.20 m/s sa rezolucijom od 1 cm te uzdužnim i poprečnim preklapanjem snimaka od 80%. Kut nagiba kamere (engl. *tilt*) u prvoj misiji je iznosio 90°. Parametri za drugu misiju su ostali isti, samo što je nagib kamere promijenjen na 70°.

Prije izvođenja letačke operacije potrebno je let prijaviti preko AMC portala. AMC (engl. *Airspace Management Cell*) je jedinica za upravljanje zračnim prostorom na dnevnoj bazi. On je zamišljen kao alat za provjeru rezervacija zračnog prostora zainteresiranim korisnicima, ali i kao alat za rezervaciju leta registriranim korisnicima u zračnom prostoru.



Slika 4.11. Prikaz postavki prve misije unutar UgCS softvera

5. TRODIMENZIONALNO MODELIRANJE

U trodimenzionalnom modeliranju se, uz pomoć raznih softvera, kreiraju određeni 3D modeli. Ti trodimenzionalni modeli se kasnije mogu renderirati te prikazati kao 2D slika. Mnoge industrije koriste 3D modeliranje u različite svrhe, primjerice u arhitekturi gdje se nekad to radilo ručno crtajući, za razvoj video igara (likova, rekvizita, svjetova), za animacije, dizajn (stvaranje virtualnog proizvoda prije nego se fizički izradi) te u konačnici 3D printanje koje može biti jako korisno posebice u medicini gdje se mogu izrađivati proteze ili implantati koji ljudima pomažu u svakodnevnom životu.

Postoji nekoliko osnovnih vrsta modeliranja. Poligonalno modeliranje je modeliranje u kojem je model predstavljen nizom poligona. Grupa povezanih poligona čine model koji se zove mesh. Treba pripaziti na pogreške preklapanja poligona ili kada se preklapaju dvije ili više rubnih točaka sa istim koordinatama. Kako bi se te pogreške minimalizirale, korisnik koji stvara 3D model treba jako dobro poznavati alat koji koristi i područje primjene modela (Bernik, 2010). Zatim NURBS (*Non-Uniform Rational Bezier Splines*) modeliranje koje 3D modele prikazuje pomoću krivulja i površina. Geometrija se temelji na Bezierovoj krivulji koja se automatski iscrtava između kontrolnih vrhova. Subdivizijsko modeliranje predstavlja kombinaciju NURBS-a (za zaglađivanje rubova modela) i poligona (za početak modeliranja).

Svako modeliranje ima svoje prednosti i nedostatke te se koristi u različite svrhe, pa tako poligonalno modeliranje nije baš pogodno za dobivanje zakrivljenih površina, ali se pomoću njega lako može spojiti više modela u jednu cjelinu, za razliku od NURBS-a gdje se prilikom spajanja geometrija odvaja (kod animacija). Subdivizijsko modeliranje se bazira na poligonalnom, te se stoga modeli ne deformiraju i ne odvajaju pa se tako omogućuje daljnja manipulacija zaobljenih površina. Subdivizijski model zauzima puno više memorije te je iz tog razloga skoro uvijek bolje konvertirati subdivizijske modele natrag u poligone ili u NURBS (Bernik, 2010).

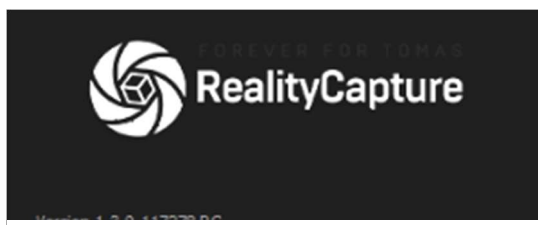
5.1. Softver RealityCapture

Za obradu snimljenih materijala odabran je softver *RealityCapture*. To je softver koji radi na Windows okruženju i na temelju kojeg iz skupova slika ili na temelju laserskih skeniranja možemo generirati 3D modele. On omogućava kreiranje: virtualne stvarnosti, teksturiranih 3D

mreža, ortografskih projekcija, georeferenciranih karata i još dosta toga na temelju učitanih fotografija. Softver je licenciran, no postoji i besplatna verzija koja nudi sve iste alate, samo bez mogućnosti dijeljenja i izvoza rezultata. Javnu beta verziju je objavila slovačka tvrtka 2. veljače 2016. godine.

RealityCapture koristi se u mnogim industrijama, u arhitekturi i očuvanju kulturne baštine, video igrama, za skeniranje cijelog tijela, mapiranje, snimanje, vizualne efekte (*VFX – engl. Visual Effects*) i virtualnu stvarnost (*VR – engl. Virtual Reality*). Što se tiče tehničkih značajki, softver radi na 64-bitnim računalima s najmanje 8 GB RAM-a, 64-bitnim Microsoft Windows 7 / 8 / 8.1 / 10 / 11, koristeći grafičku karticu s nVidia CUDA 2.0 + GPU-om i najmanje 1 GB RAM-a. Korisnici mogu pokrenuti aplikaciju i registrirati slike bez nVidia kartice, ali tada neće moći stvoriti teksturiranu mrežu. Također, korisnici moraju instalirati Media Feature Pack za Windows, a na Windows Server potrebno je instalirati Media Foundation značajke (URL 12).

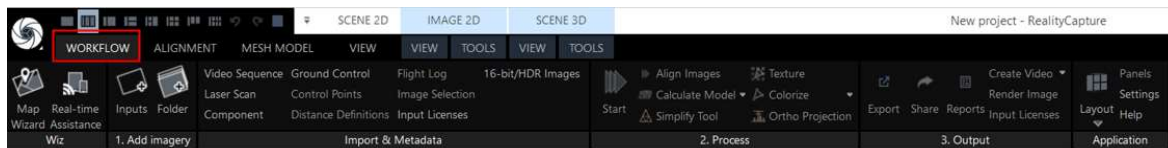
Prema razvojnom inženjeru, Core i7 stroj s 32 GB RAM-a može obraditi 1.000 laserskih skeniranja i 10.000 izvornih slika u manje od tjedan dana. Modeli se mogu izvesti u PLY ili OBJ formatu, zajedno s teksturama (URL 13). Zadnja dostupna verzija je *RealityCapture 1.4*, a ovaj je projekt rađen u verziji 1.3.0. (Slika 5.1.).



Slika 5.1. Logo RealityCapture softvera

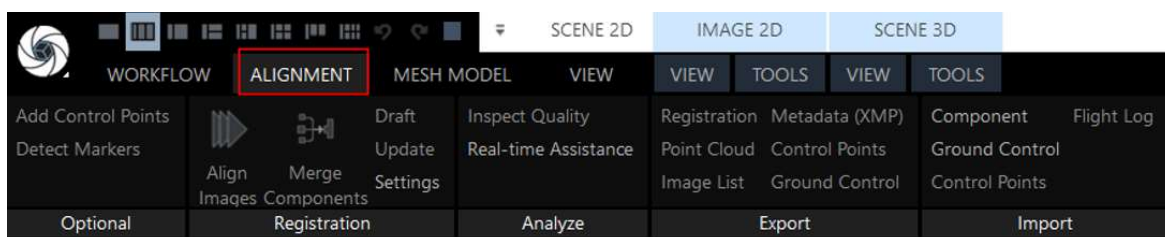
Sučelje *RealityCapture* softvera se sastoji od prozora koji ima osam različitih mogućnosti prikaza odnosno layouta, kao naprimjer Single Layout, 1+1 Layout, 1+2 Layout, 1+1+1 Layout i ostali. U tom se prozoru također može mijenjati vrsta pregleda prikaza: 1D, 2D, 2DS, 3D, 4D, map, con i help izbornik. Na alatnoj traci nalaze se kartice, Workflow, Alignment, Mesh model, i View. U tim se karticama nalaze alati za učitavanje, obradu te analizu rezultata. U kartici Workflow (Slika 5.2.) nalaze se alati za učitavanje fotografija, videa, orijentacijskih točaka

(GCP) ili već gotovih komponenti. Također, sadrži alate za poravnavanje snimki, dodavanje tekstura i boja, kreiranje modela, videa, ortografske projekcije te izvoz podataka.



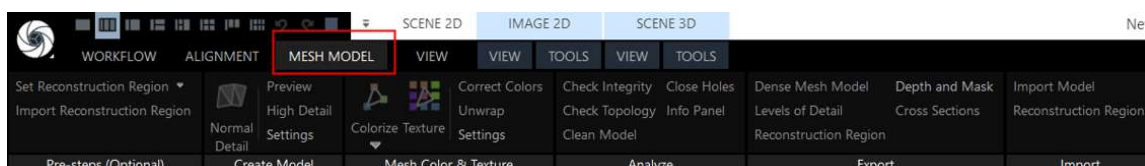
Slika 5.2. Prikaz kartice Workflow

Kartica Alignment (Slika 5.3.) sadrži alat za dodavanje kontrolnih točaka, za rekonstrukciju, spajanje snimki i komponenti, analiziranje te uvoz i izvoz raznih podataka.



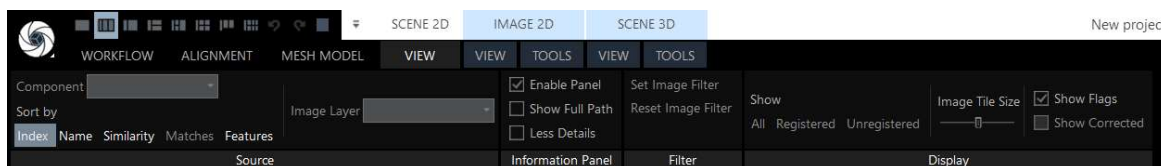
Slika 5.3. Prikaz kartice Alignment

Kreiranje i rekonstruiranje modela omogućuje kartica Mesh model (Slika 5.4.). Može se zadati područje za koje će se napraviti rekonstrukcija modela pomoću alata *Set Reconstruction Region*. Osim dodavanja tekstura i boja, moguće su i provjere ispravnosti pomoću alata *Check Integrity* i *Check Topology*.



Slika 5.4. Prikaz kartice Mesh model

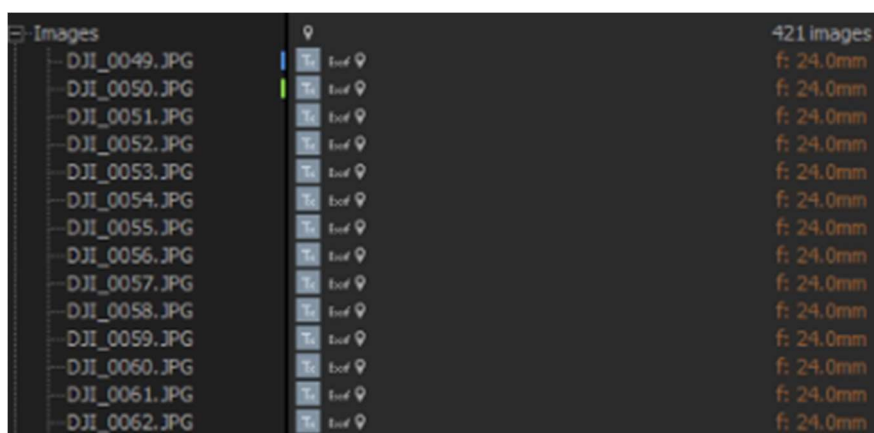
Za pregled stvorenih slojeva i komponenti kao i za razna filtriranja i sortiranja koristi se kartica View (Slika 5.5.).



Slika 5.5. Prikaz kartice View

5.2. Obrada snimljenog materijala

Za početak su u softver učitane fotografije koje su prikupljene dronom. Ukupno je bilo 421 fotografija iz obje misije (Slika 5.6.). Snimke su učitane naredbom *Add folder* iz Workflow kartice na alatnoj traci.



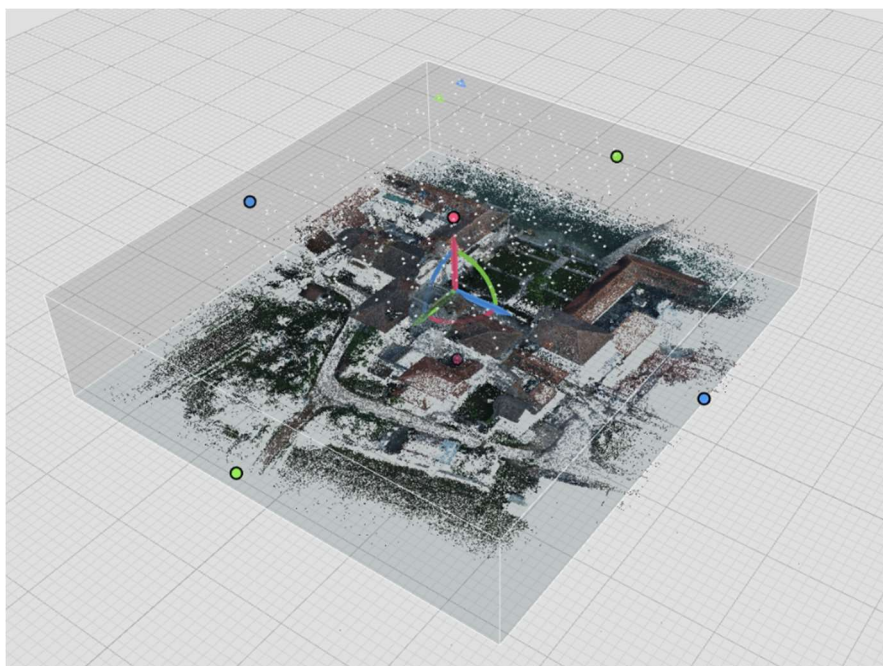
Slika 5.6. Učitane snimke drona

Nakon učitavanja snimki trebalo je napraviti *Align images* iz kartice Alignment, kako bi se dobio oblak točaka. Time se za svaku sliku računa položaj, orijentacija i unutarnje stanje kamere. To je vrlo bitan postupak jer određuje kvalitetu ostalih procesa u obradi, stoga ga je važno dobro napraviti. Na kraju izvršenog poravnavanja dobije se *Alignment Report*, odnosno izvješće u kojem piše trajanje procesa poravnavanja, koje je u ovom slučaju trajalo 9 minuta i 04 sekunde (Slika 5.7.). Vrijeme trajanja procesa poravnavanja ovisi o jačini računala na kojem se izvodi obrada i o broju učitanih snimaka.

Alignment report	
Total projections	5 143 522
Average track length	3.818689
Maximal error [pixels]	1.999990
Median error [pixels]	0.561208
Mean error [pixels]	0.661784
Geo-referenced	No
Metric	No
Feature detection time	00h:04m:14s
Registration time	00h:04m:49s
Total alignment time	00h:09m:03s

Slika 5.7. Alignment report

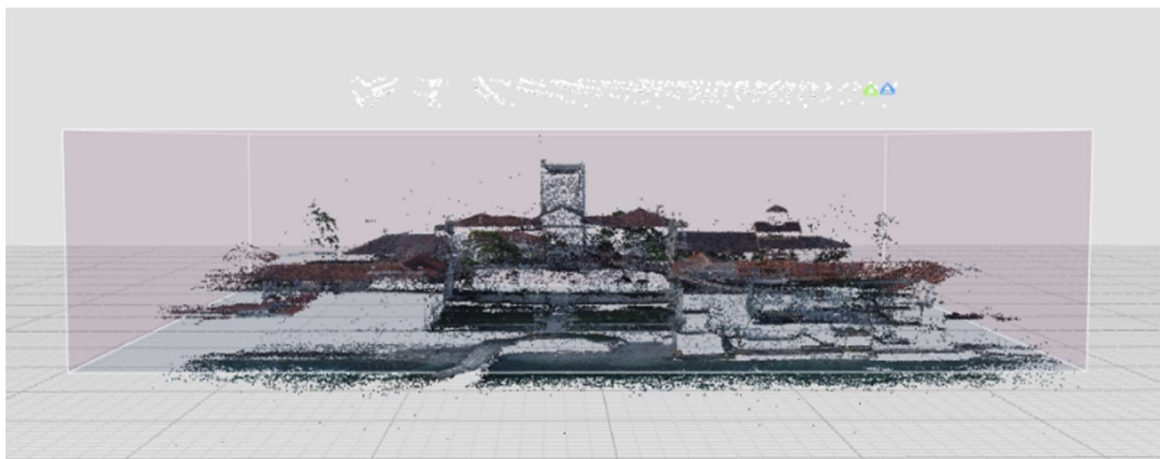
Dobiveni je oblak točaka dosta rijedak. Na slici 5.8. vidi se oblak točaka koji se nalazi na mreži (engl. *grid*) i koji je definiran graničnom plohom (engl. *bounding box*). Može ga se okretati i pregledavati iz različitih kuteva, pa se tako na slikama 5.9. i 5.10. vidi snimljeno područje odozgora (engl. *top view*) i sa strane (engl. *side view*). Na slici 5.11. se mogu vidjeti pozicije kamera odnosno programirana ruta drona.



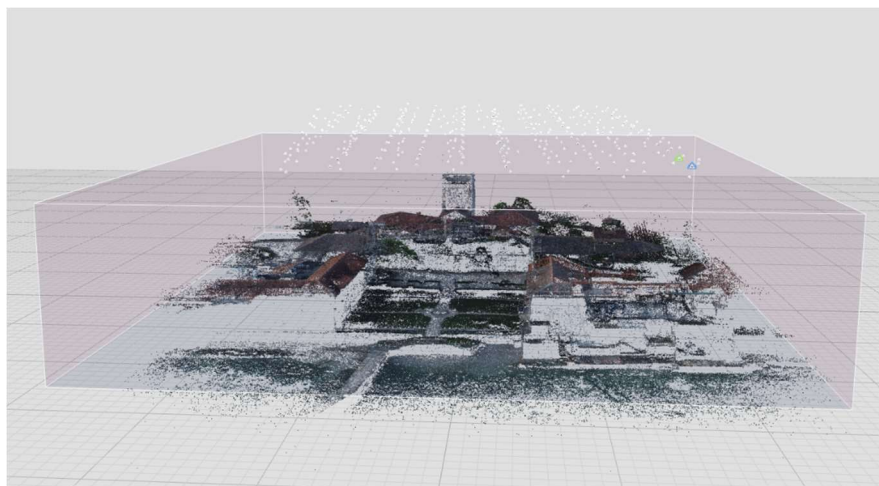
Slika 5.8. Oblak točaka nastao poravnanjem snimaka iz zraka



Slika 5.9. Top view prikaz

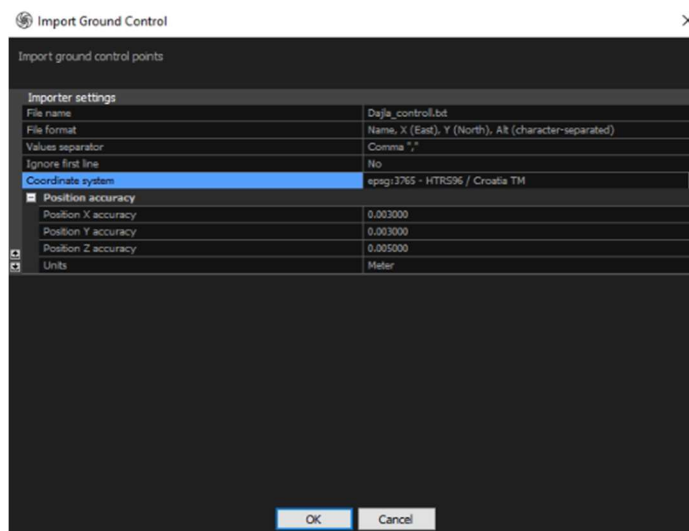


Slika 5.10. Side view prikaz

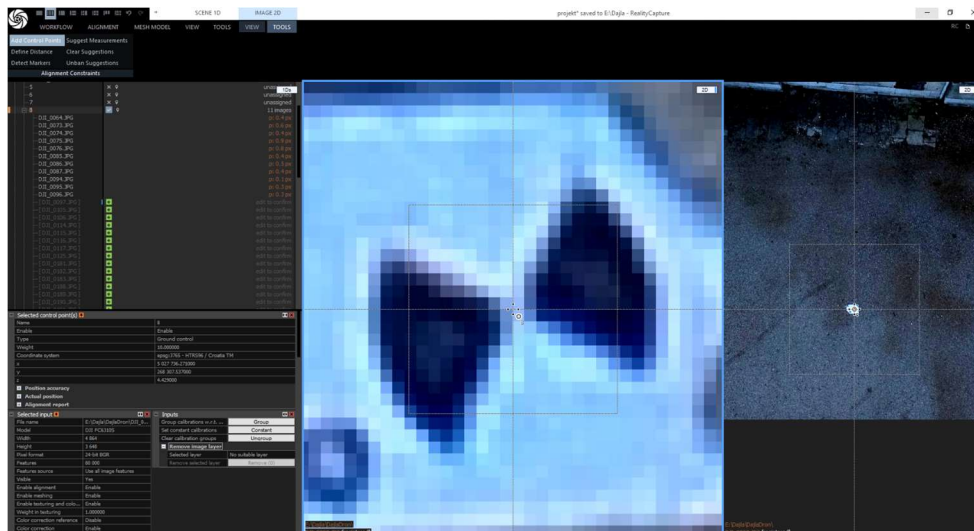


Slika 5.11. Pozicije kamera

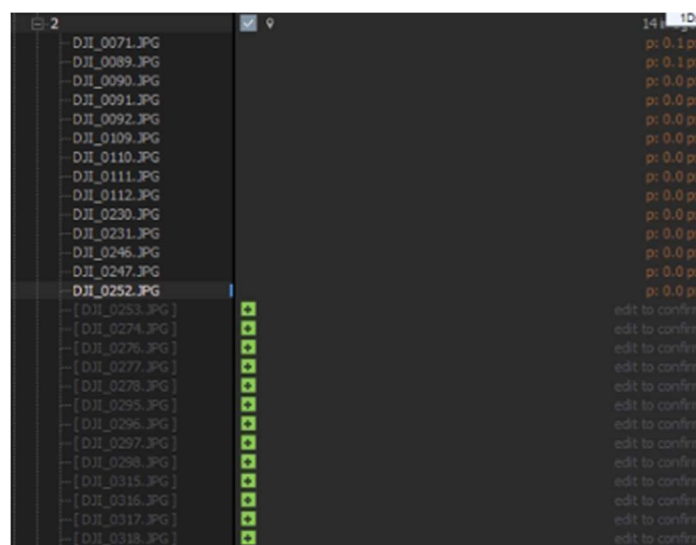
Idući korak je učitavanje kontrolnih točaka kojih je u ovom slučaju bilo devet. One su ispisane u tekstualnu datoteku na način da su broj točke, N, E i h koordinate odvojene zarezom, nakon čega je ta datoteka učitana pomoću naredbe *Ground control* (Slika 5.12.). Učitane GCP bile su u HTRS96/TM koordinatnom sustavu. Njih treba ručno povezati sa markerima na snimkama. Naredbom *Add Control Points* iz kartice Tools odabire se pozicija te točke na 2D prikazu snimke te se dodaje točka na centar markera (Slika 5.13.). Nakon dodavanja minimalno dvije točke, softver automatski prepoznaje i druge snimke te stvara prijedloge (engl. *Suggestions*) koje treba ručno pregledati i potvrditi (Slika 5.14.).



Slika 5.12. Učitavanje GCP-a



Slika 5.13. Proces dodavanja kontrolnih točaka snimci



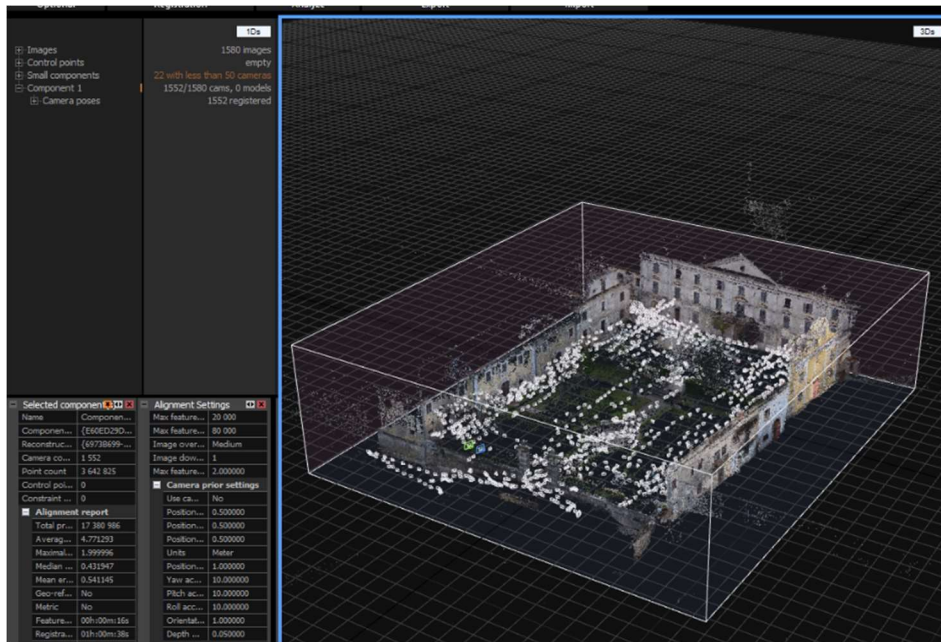
Slika 5.14. Primjer prijedloga snimaka za GCP broj 2

Nakon dodavanja kontrolnih točaka potrebno je ponovo pokrenuti proces poravnavanja snimki. No, ovog je puta potrebno u postavkama kartice Alignment, pod *Camera prior Settings*, odabrati opciju „Yes“ kako bi se poravnanje provelo s obzirom na pozicije kamere za svaku snimku drona. Softver je stvorio 21 komponentu sa 411 fotografija od ukupno 421. Dobiven je konačan rezultat na kojem su orijentacijske točke smještene na odgovarajuće pozicije odnosno na zadane koordinate (Slika 5.15.).

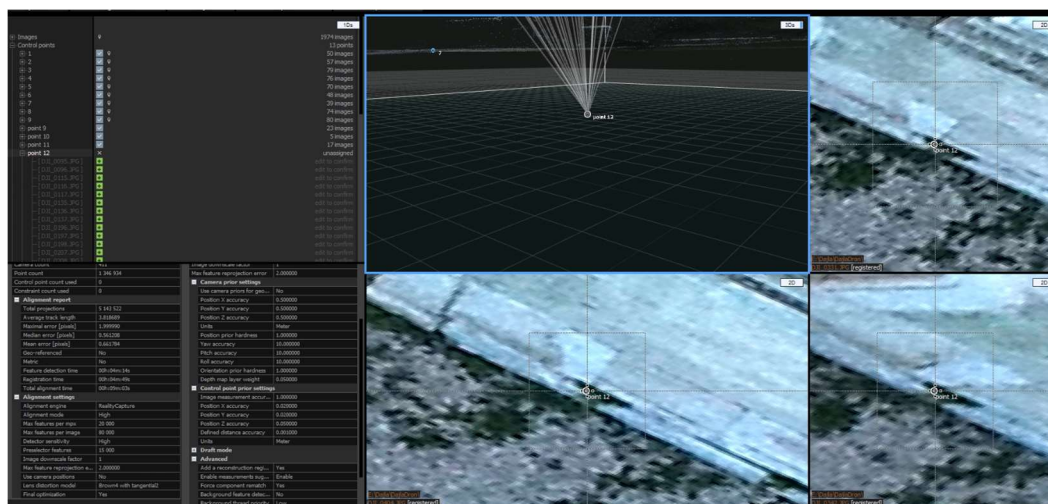


Slika 5.15. Prikaz GCP-a nakon poravnanja

Preostale snimke koje su snimljene fotoaparatom Nikon Z5 također je bilo potrebno učitati u novi projekt. Fotoaparatom je snimljeno 1580 fotografija koje pobliže prikazuju objekte. Napravljena je zasebna komponenta koja sadrži 1552/1580 fotografija što znači da samo 28 fotografija nije sadržano u komponenti (Slika 5.16.). Ta je komponenta spremljena pomoću naredbe *Export Registration* te je učitana u projekt gdje su bile poravnate fotografije sa drona. Da bi se te komponente mogle spojiti u jednu, bilo je potrebno dodati nekoliko kontrolnih točaka koje su vidljive na obje komponente. Dodano je sveukupno 15 kontrolnih točaka, a postupak je prikazan na Slici 5.17. Pokrenut je postupak *Alignment*, no kako se za fotografije snimljene običnom kamerom ne bilježe koordinate, postavke prilikom provođenja procesa poravnavanja su promijenjene. Pod *Camera prior settings* stavljena je opcija „No“. Kad to ne bi bilo podešeno, snimke drona i fotografije snimljene fotoaparatom, ne bi se mogle povezati. Softver je stvorio jednu finalnu komponentu koja sadrži 1974 slika. Dobiveni oblak točaka (Slika 5.18.) mora se oblikovati, odnosno moraju se urediti granice obuhvata (*Clipping box*).



Slika 5.16. Prikaz komponente fotografija snimljenih fotoaparatom

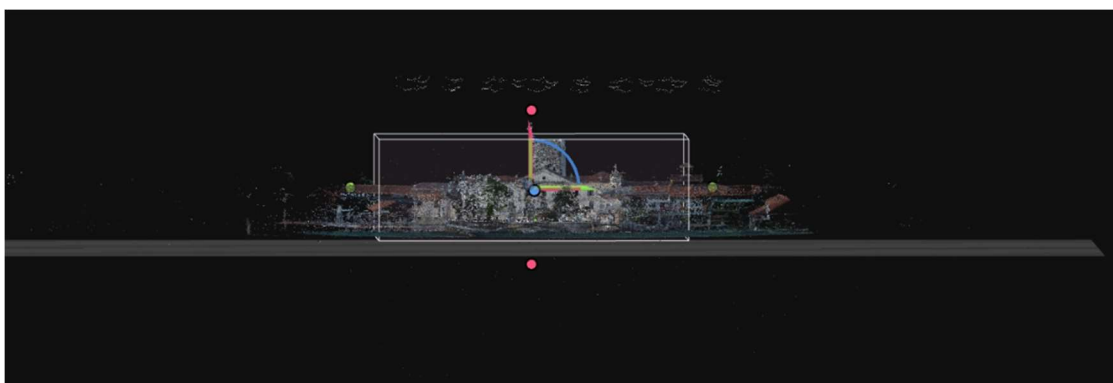


Slika 5.17. Proces dodavanja kontrolnih točaka na fotografije drona i fotoaparata



Slika 5.18. Konačan prikaz rijetkog oblaka točaka

Kvadrat obuhvata se zadaje naredbom *Reconstruction Region*. Njega je potrebno ručno podesiti. Nakon toga trebalo je postaviti ravninu na kojoj se nalazi model s obzirom na mrežu. To se radi naredbom *Set ground plane* → *Set Ground by Reconstruction Region*. Uređeni model (Slika 5.19.) korišten je za daljnju obradu.



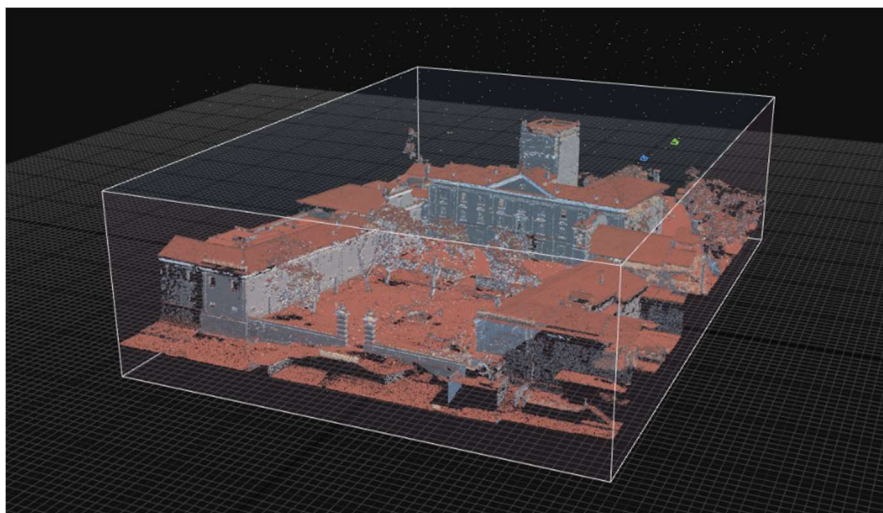
Slika 5.19. Model nakon postavljanja regije i razine mreže

5.3. Tijek izrade 3D modela

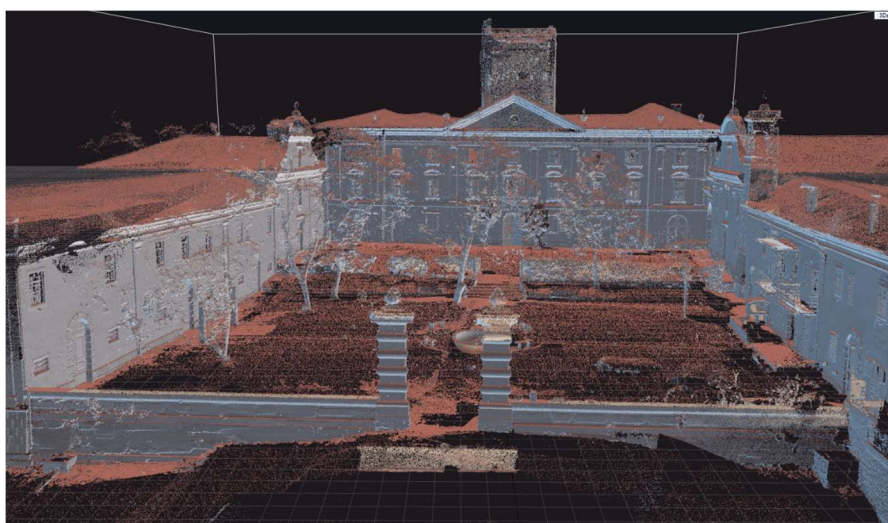
5.3.1. Rekonstrukcija modela

Cilj je bio dobiti trodimenzionalan model od oblaka točaka. Da bi se to dobilo trebalo je pokrenuti rekonstrukciju modela. Rekonstrukcija se može provesti na tri osnovna načina, a to su *Preview model* kod kojeg je proces najkraći i daje najmanju razinu detaljnosti, *Normal detail* i *High detail* koji sadrži najveću razinu detaljnosti, no zato je i duži proces. U ovom

projektu se koristila *Normal detail* rekonstrukcija unutar kartice Mesh Model. Pokretanjem naredbe *Normal detail* sačinjen je model od 288.3 milijuna trokuta (Slika 5.20. i 5.21.). Kako je dobiveni model bio veći od 40.0 milijuna trokuta, on se i dalje prikazivao kao oblak točaka, a ne kao mesh zbog nemogućnosti renderiranja tako velikog modela. Proces rekonstrukcije je trajao 3 sata, 28 minuta i 58 sekundi.



Slika 5.20. Rekonstruirani oblak točaka – cijeli model

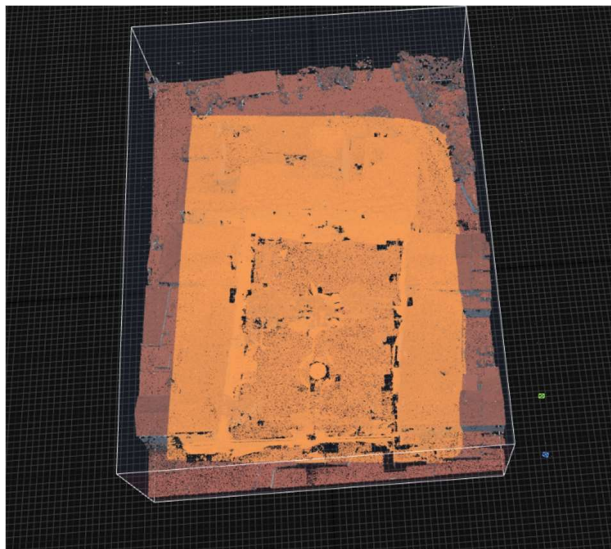


Slika 5.21. Rekonstruirani oblak točaka – uvećani dio

5.3.2. Uređivanje oblika modela

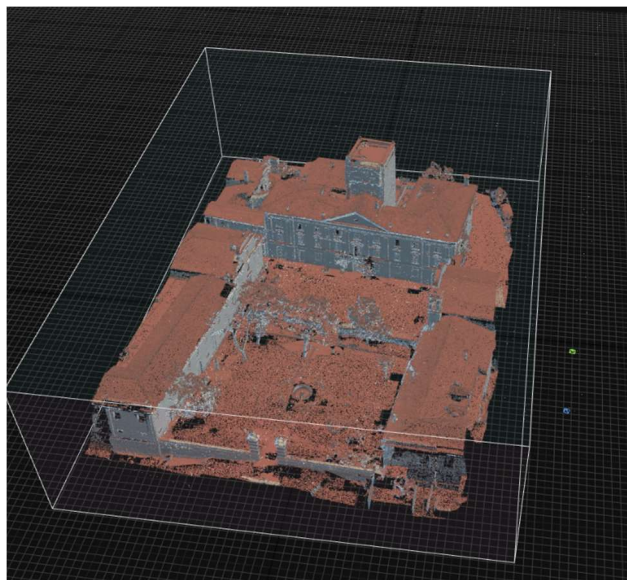
Ovaj je korak potrebno napraviti zbog nepravilnog oblika modela. Iz kartice Mesh Model odabran je alat *Lasso*, pomoću kojeg se proizvoljno crta oblik budućeg 3D modela. Na

slici 5.22. narančastom bojom je prikazano odabrano područje. To je područje potrebno zadržati, stoga je odabir bilo potrebno preokrenuti. To je učinjeno naredbom *Invert* unutar kartice Mesh Model.



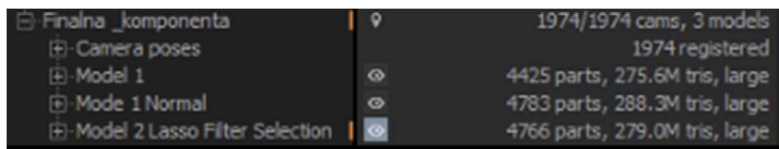
Slika 5.22. Prikaz odabranog područja pomoću Lasso tool-a

Naredba *Filter selection* stvara novi model sa dijelovima oblaka koji nisu označeni. Dakle, svi odabrani dijelovi su obrisani. Pa je tako dobiveni novi model koji ima pravilniji obrub (Slika 5.23.). Proces filtriranja je trajao 28 sekundi.



Slika 5.23. Uređeni oblik modela

Na slici 5.24. se mogu vidjeti komponente prije i nakon filtriranja. Filtriranjem je dobiven novi model (Model 2 Lasso Filter Selection) koji ima 9.3 milijuna trokuta manje od početnog modela (Model 1 Normal). Iz navedenog se može zaključiti kako nije učinjeno znatno smanjenje modela.



Component	Statistics
Finalna_komponenta	1974/1974 cams, 3 models
Camera poses	1974 registered
Model 1	4425 parts, 275.6M tris, large
Mode 1 Normal	4783 parts, 288.3M tris, large
Model 2 Lasso Filter Selection	4766 parts, 279.0M tris, large

Slika 5.24. Prikaz komponenti prije i nakon filtriranja

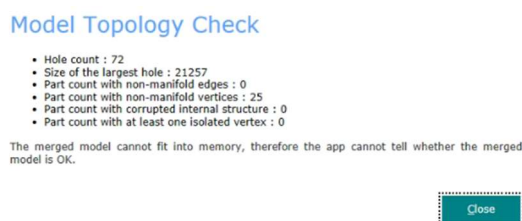
5.3.3. Provjera ispravnosti modela

Provjera ispravnosti modela se vrši u dva koraka. Prvi korak je provjera integriteta koja se vrši pomoću naredbe *Check Integrity* unutar kartice Mesh Model → Analyze. Nakon minute pojavilo se izvješće provjere integriteta (Slika 5.25.) u kojem je potvrđeno da je model ispravan.



Slika 5.25. Izvješće provjere integriteta

Drugi korak je provjera topologije koja se pokreće naredbom *Check Topology*. Nakon provjere izvješće je ukazalo na rupe (72) u modelu (Slika 5.26.). Broj rupa se pomoću alata *Close Holes* smanjio na način da se u postavkama povećala vrijednost maksimalnog broja rubova (engl. *Max edge count*) na 8000. Nakon zatvaranja rupa proveden je postupak čišćenja ostalih nepravilnosti pomoću alata *Clean Model*.

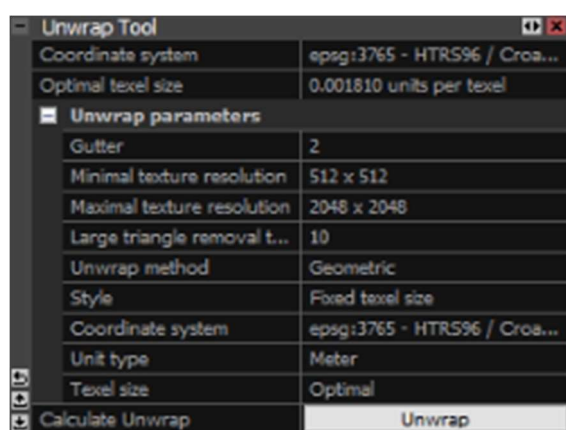


Slika 5.26. Izvješće provjere topologije

5.3.4. Teksturiranje, pojednostavljivanje i reprojekcija modela

Zadnji korak u stvaranju trodimenzionalnog modela je dodavanje teksture, odnosno bojanje boje. Važno je razumijeti razliku između teksturiranja i bojanja. Pokretanjem naredbe bojanja (engl. *Colorize*) kreira se boja za vrhove trokuta modela. Dok teksturiranje stvara male slike (teksture) za svaki trokut modela. Ti stvoreni tekseli ili teksturni pikseli predstavljaju teksturu. Njihova veličina u programu definira stvarnu veličinu objekta. Zato je teksturirani model puno veći od bojanog (URL 14). Također, razlika je i u izgledu i osjećaju površine (glatkoća, hrapavost, mekoća itd.), dok je boja spektralni sastav vidljive svjetlosti.

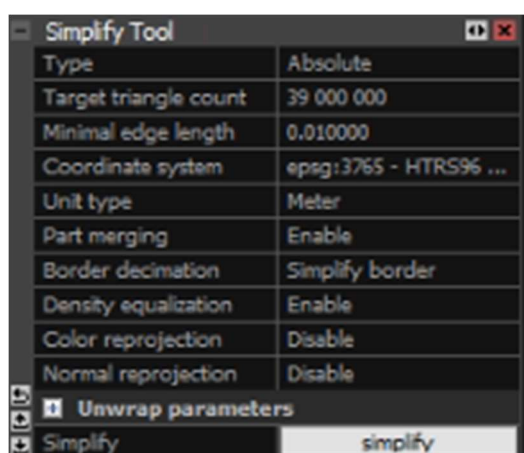
Prvi korak u teksturiranju je odmotavanje (engl. *Unwrap*). To je preslikavanje između tekstura i trokuta. Prije pokretanja postupka odmotavanja moraju se podesiti određeni parametri (Slika 5.27.). Koordinatni sustav, koji je u ovom slučaju bio HTRS96/TM i veličinu teksela koja odgovara najsitnijim snimljenim detaljima, prepoznaje sam program. Parametar *Gutter* važan je za izbjegavanje vidljivih grešaka na modelu tijekom renderiranja. Zadana vrijednost 2 dovoljna je da tekstura bude zaglađena i fina (URL 15). Maksimalna razlučivost teksture (engl. *Maximal texture resolution*) se može postaviti na 2048x2048 kao u konkretnom slučaju, što odgovara vrijednosti 4.19 MP, odnosno razlučivost od 4K. Ona predstavlja mogućnost razlikovanja sitnih detalja i određuje kvalitetu modela. Zadnji parametar kojeg je bilo potrebno namjestiti je *Style*. Za stil je odabran *Fixed texel size* koji omogućuje potpunu iskorištenost teksture.



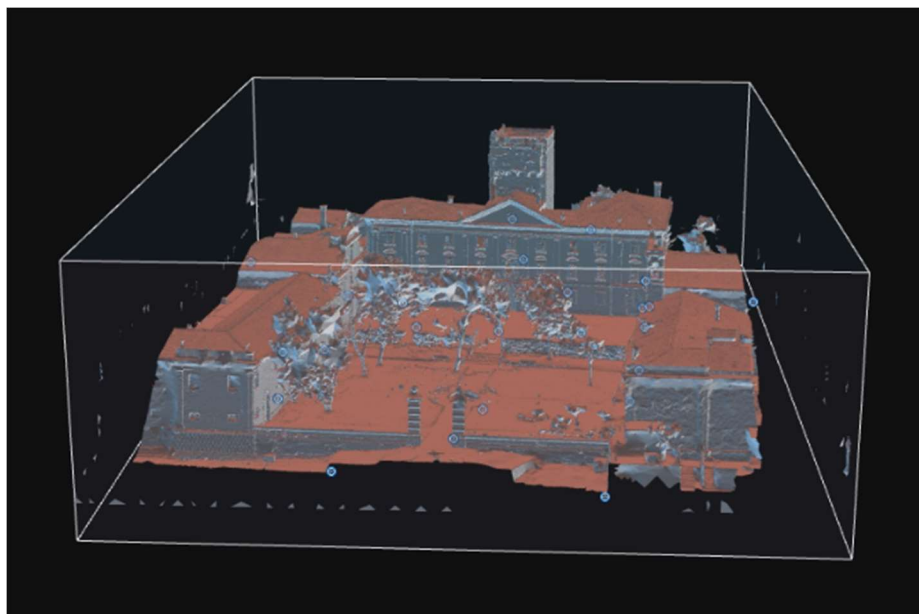
Slika 5.27. Postavke Unwrap parametara

Postupak odmotavanja trajao je 18 minuta, a nakon njega model je bio spreman za postupak teksturiranja. Pokretanjem naredbe *Texture* započeo je proces teksturiranja koji je trajao 4 sata

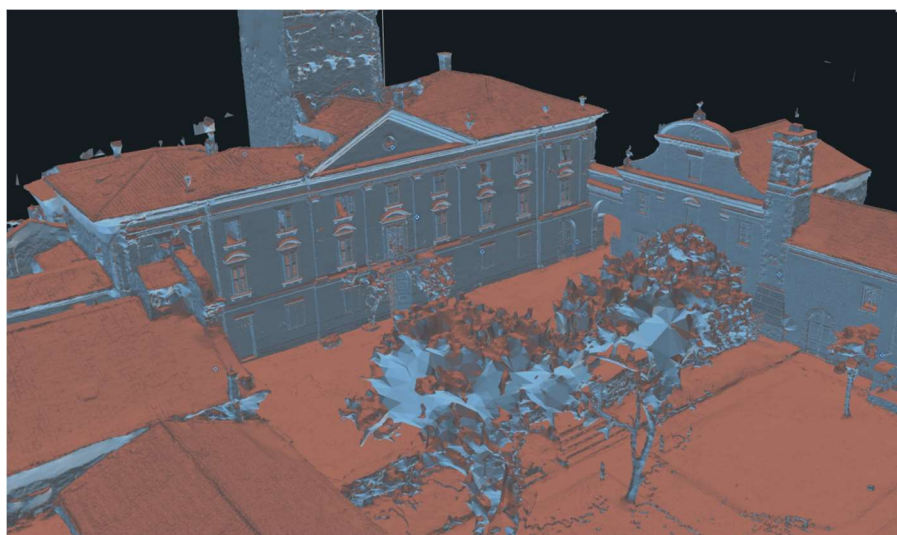
i 16 minuta. Zbog puno podataka i velikog broja trokuta, kreirana je tekstura prikazana kao oblak točaka. Da bi se ona mogla prikazati, model je potrebno pojednostaviti. Potrebno je smanjiti broj trokuta i samim time veličinu modela. Pokretanjem ove naredbe stvara se novi smanjeni model koji gubi svoju teksturu i zadržava samo boju. Postoje četiri načina pojednostavljenja. Apsolutni način pojednostavljuje modele na točan broj trokuta i to je preporučeni način, a relativni način pojednostavljuje modele na odabrani postotak broja trokuta izvornih modela. Maksimum i minimum apsolutnih i relativnih kombinira oba prethodno navedena načina. U ovom je slučaju odabran apsolutni način te je stavljena vrijednost trokuta na 39 milijuna (Slika 5.28.). Nakon nekog vremena, dobiven je pojednostavljeni model (Slika 5.29. i 5.30.) koji je sa početnih 288.3 milijuna smanjen na 39.6 milijuna trokuta.



Slika 5.28. Postavke Simplify parametara

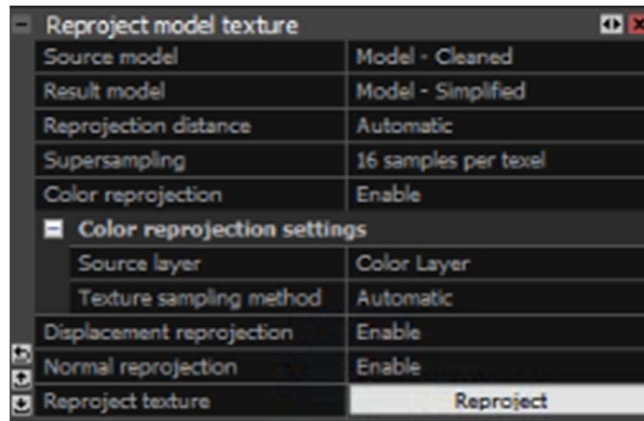


Slika 5.29. Pojednostavljeni model



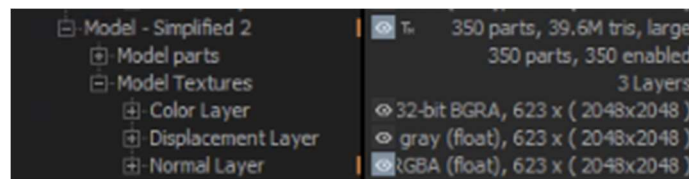
Slika 5.30. Pojednostavljeni model – uvećani dio

Kako dobiveni pojednostavljeni model nema teksture, posljednji korak je reprojekcija teksture s početnog modela na pojednostavljeni model. Kao što se vidi na Slici 5.31., za izvorni model je odabran početni, veliki model s kojeg se tekstura projicira na konačni pojednostavljeni model. Opcija *Supersampling* je postavljena na 16 uzoraka po tekselu, što u prijevodu znači da će se 16 uzoraka projicirati na jedan teksele. Odabirom opcije *Reproject* pokreće se reprojekcija teksture.




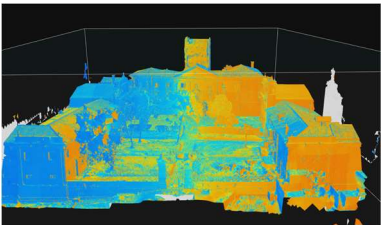
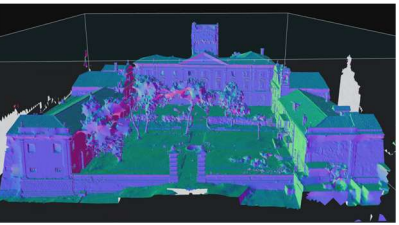
Slika 5.31. Postavke za reprojekciju teksture

Dobiveni teksturirani pojednostavljeni model sastoji se od tri sloja: *Color Layer*, *Displacement Layer* i *Normal Layer* (Slika 5.32.). Pojedini sloj može postati vidljiv pritiskom na ikonu oka ili odvlačenjem (enlg. *Drag and drop*) na 3D prikaz. Tablica 5.1. prikazuje razlike između sva tri sloja.

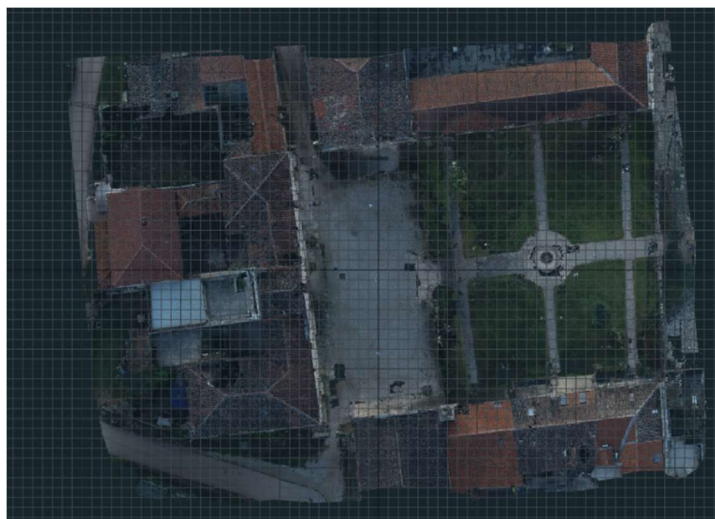


Slika 5.32. Slojevi teksture pojednostavljenog modela

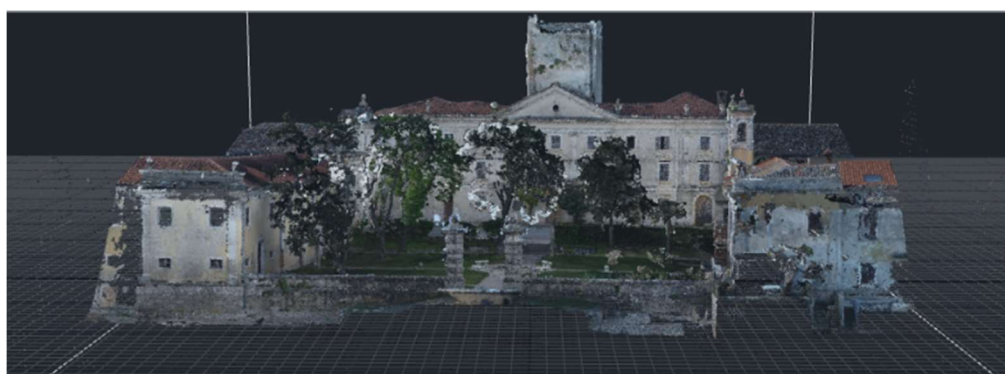
Tablica 5.1. Usporedba slojeva teksture

Color Layer	Displacement Layer	Normal Layer
		

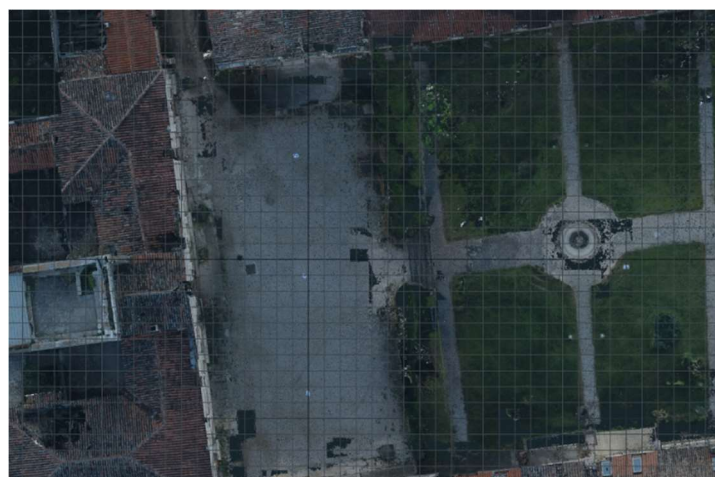
Na slikama 5.33. i 5.34. se nalazi pojednostavljeni teksturirani model iz različitih perspektiva. Iz daljine se čini dobra kvaliteta teksture, no kad zumiramo mogu se uočiti rupe, zamagljeni dijelovi i sl. (Slika 5.35. i 5.36.).



Slika 5.33. Pojednostavljeni teksturirani model – Top view



Slika 5.34. Pojednostavljeni teksturirani model - Back view



Slika 5.35. Pojednostavljeni teksturirani model (uvećani dio) – Top view



Slika 5.36. Pojednostavljeni teksturirani model (uvećani dio) – Back view

S ciljem uklanjanja prethodno navedenih nepravilnosti, ponovno je pokrenut postupak čišćenja (engl. *Clean Model*) i zatvaranja rupa (engl. *Close Holes*). Na taj su način otklonjeni nedostaci. Na Slici 5.37. se nalaze rezultati poboljšanja, no može se primijetiti kako nisu svi nedostaci riješeni (dijelovi zaokruženi crvenom bojom). Neke rupe su i dalje ostale.



Slika 5.37. Prikaz neuspješno otklonjenih nepravilnosti

6. ANALIZA REZULTATA

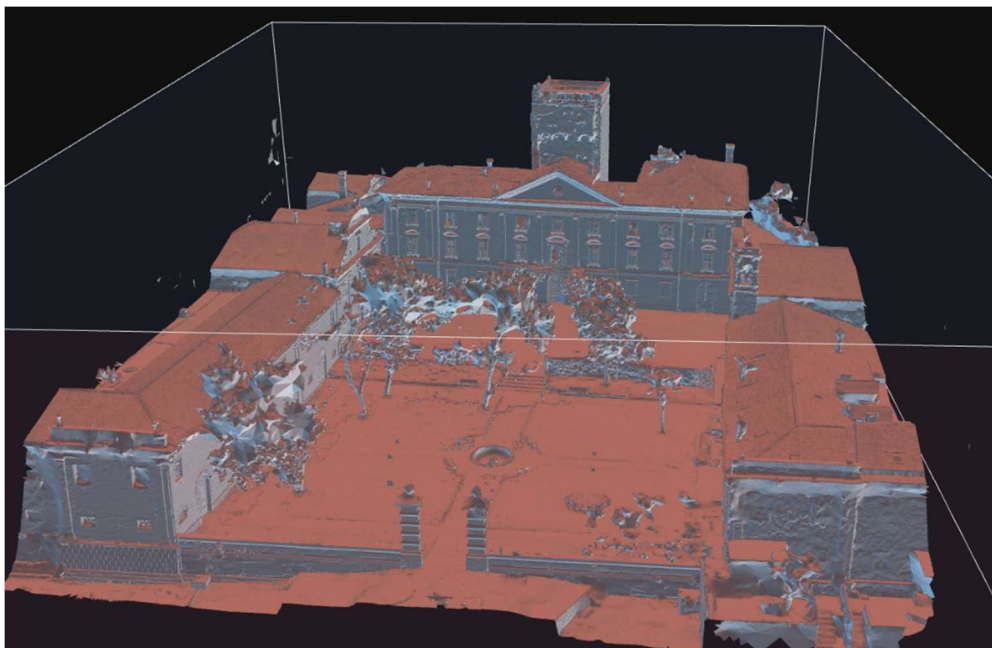
Postoji više čimbenika koji su utjecali na kvalitetu i rezoluciju modela. Konačni rezultat ima određenih nedostataka te ne prikazuje savršen trodimenzionalni model. Kako je snimanje izvršeno u proljeće kad je vegetacija bujna, na tim se dijelovima nisu mogle eliminirati nepravilnosti. Također, na dan snimanja je puhao umjeren vjetar, stoga mutni dijelovi na pojedinim mjestima mogu biti posljedica toga. Naime, kako vjetar pomiče grane, tako svaka snimka ispadne drugačije, pa se one ne mogu povezati.

6.1. Trodimenzionalni model

Spomenuti nedostaci se na cjelokupnom modelu ne vide. Promjene dolaze do izražaja uvećavanjem modela na određeni dio. Renderiranje scene u stvarnom vremenu (engl. *Real-time Scene Renderer*) može prikazati scene na više načina. U kartici Scene 3D → View, moguće je prebacivanje između tri načina prikaza završnog trodimenzionalnog modela: *Vertices* (Slika 6.1.), *Solid* (Slika 6.2.) i *Sweet* (Slika 6.3.). U *vertices* načinu renderira se samo razuman podskup vrhova modela. *Solid* je za ravne osjenčane trokute koji su osvijetljeni 4-smjernim dinamičkim svjetlijima, dok *sweet* prikazuje najbolji rezultat, odnosno teksturu (URL 16).



Slika 6.1. Prikaz završnog 3D modela - Vertices



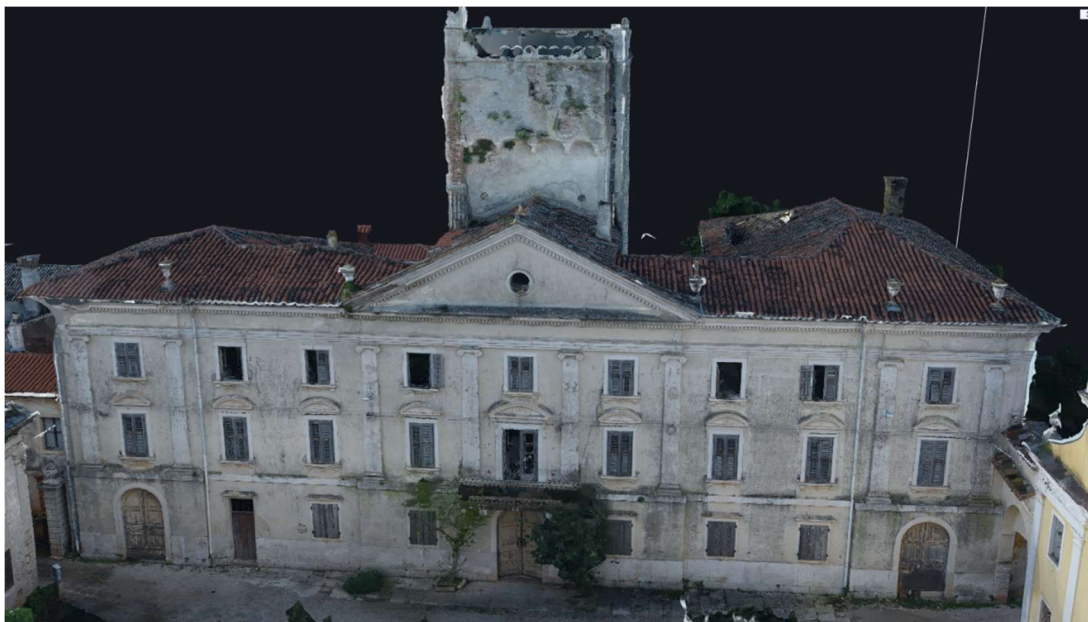
Slika 6.2. Prikaz završnog 3D modela - Solid



Slika 6.3. Prikaz završnog 3D modela – Sweet

Kako bi se mogla provesti bolja analiza 3D modela, priložene su uvećane slike dijelova modela iz različitih perspektiva. Na slici 6.4. može se vidjeti niski reljef fasade, pilastri, lukovi prozora i ostali ukrasi. Slika 6.5. prikazuje uvećani prikaz Crkve Sv. Ivana Krstitelja na kojoj

se točno vidi žuta boja fasade kao i u stvarnom stanju te se vidi jaka osvjetljenost koja je bila prilikom snimanja. Također vrlo se dobro vide određeni motivi, primjerice križ, vaza na vrhu pročelja, oglasna ploča i sl. Njoj zrcalna građevina, kapelanova kuća, nema tako očuvanu fasadu, pa se na njoj mogu vidjeti pukotine, izraslo raslinje i sl.



Slika 6.4. Uvećan prikaz ladanjske palače



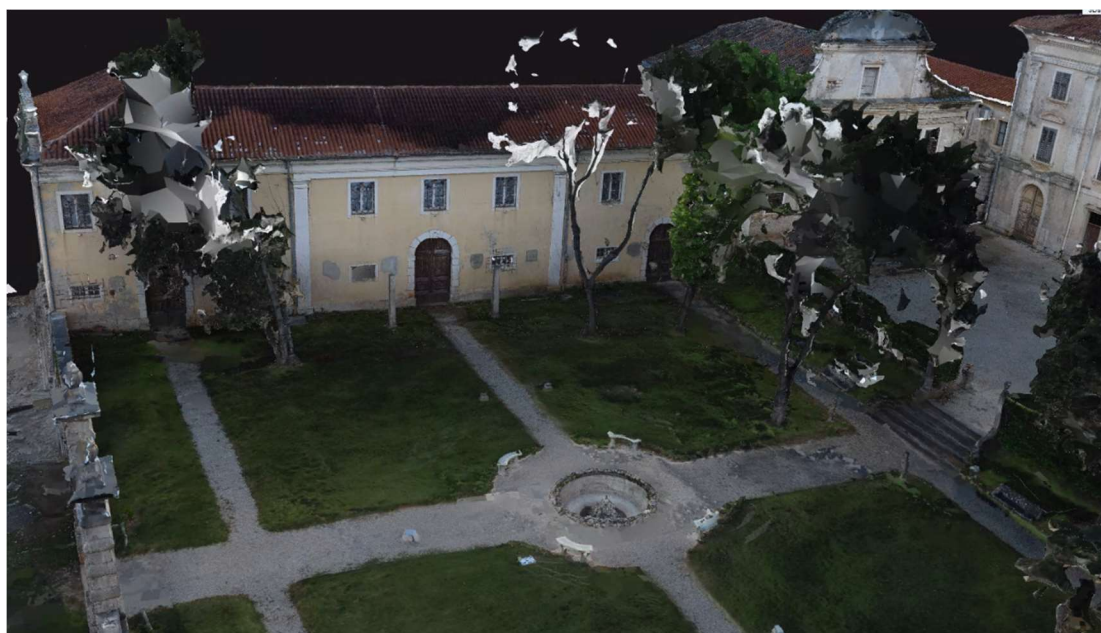
Slika 6.5. Uvećani prikazi Kapelanove kuće i Crkve

Slika 6.6. prikazuje ostatak kompleksa. Vide se balkoni, ograda, zidani kamin u prizemlju terase, pa čak i pločice. Slika 6.7. prikazuje nekad gospodarsku zgradu, koja je danas zapuštena, te nije u upotrebi. Mogu se vidjeti razbijeni prozori i da je pala fasada.

Na slikama se također može vidjeti geometrijski pravilno uređen vrt sa fontanom u sredini i klupicama koje je okružuju.



Slika 6.6. Uvećani prikaz ostatka kompleksa



Slika 6.7. Uvećani prikaz gospodarske zgrade

7. RASPRAVA

Ovaj diplomski rad sastojao se od teorijskog i praktičnog dijela istraživanja. Kako bi se prije svega razumjela važnost snimanog objekta bilo je potrebno istražiti njegovu prošlost. Postoje razne knjige koje govore o bogatoj povijesti Dajle i koje prikazuju samostan u doba izgradnje. Da bi se mogla napraviti usporedba sadašnjeg stanja sa prijašnjim napravljena je rekonstrukcija prostora pomoću fotogrametrijskih metoda. Time je omogućena usporedba izrađenog 3D modela stvarnog stanja sa starim slikama benediktinskog samostana. Iz toga se može procijeniti očuvanost odnosno zapuštenost.

Praktični dio istraživanja temeljio se na tezi prednosti korištenja fotogrametrijskih metoda izmjere u svrhu rekonstrukcije objekata. Terestričkom fotogrametrijom snimljeno je mnoštvo fotografija iz različitih kuteva, te je zato omogućen prikaz vrlo visoke razine detaljnosti. Na taj smo način dobili fotografije snimljene izbliza, dok su dijelovi koje nije bilo moguće snimiti s tla, primjerice krov, snimljeni aerofotogrametrijskom metodom. Korištenjem bespilotne letjelice (drona), pokazalo se da je to dosta brza i efikasna metoda za snimanje velikog područja. Prije početka snimanja isprogramiran je let u UgCS Mapper softveru koji se pokazao vrlo jednostavnim za korištenje. Vremenski uvjeti nisu bili idealni, puhao je umjeren vjetar što je uzrokovalo pomicanje grana. Na snimkama zamućenja nisu bila vidljiva, ali su zato na trodimenzionalnom modelu određeni dijelovi sa vegetacijom mutni. Idealni vremenski uvjeti su preduvjet za dobivanje trodimenzionalnog modela visoke kvalitete. Glavni nedostatak ove metode izmjere je papirologija koju je potrebno prikupiti prije letenja. Prije svega, potrebno je dobiti dopuštenje vlasnika čestice iznad koje se vrši snimanje. Ukoliko se želi dobivene podatke javno objaviti to je dopuštenje potrebno poslati Državnoj geodetskoj upravi na uvid kako bi oni dali svoju suglasnost. Ova su dva dokumenta osnova za izlazak na teren i početak snimanja iz zraka. Na terenu treba obavezno prije početka izvođenja operacije, prijaviti let putem AMC portala. Na AMC portalu se mogu vidjeti sve rezervacije u zračnom prostoru. Operacija letenja je trajala sveukupno 30 minuta, odnosno 15 minuta prva misija i 15 minuta druga. Po završetku snimanja, kako bi se snimljeni podaci mogli objaviti, bilo je potrebno sav prikupljeni materijal dostaviti Državnoj geodetskoj upravi te čekati njihovu dozvolu za upotrebu snimki. Na taj način, prednost prikupljanja podataka velikom brzinom gubi značaj zbog dugog čekanja na razne dozvole.

Što se tiče odabranog softvera za obradu snimljenog materijala, RealityCapture se pokazao vrlo jednostavnim za korištenje i izvrsnim za stvaranje trodimenzionalnih modela, obojenog oblaka točaka i sl. RealityCapture za svaku fotografiju drona učitava njene koordinate, stoga su orijentacijske točke dodane samo kako bi se povećala točnost te kako bi se mogle dodati fotografije snimljene terestričkom fotogrametrijom, koje nemaju koordinate. Nakon dužeg računalnog procesiranja, stvoren je trodimenzionalni model koji vjerno prikazuje trenutno stanje objekta. Iz tog se modela može stjeći uvid u izgled terena, odnosno prikaz visina. Prvi stvoreni model bio je prevelik, te se s njim nije moglo lako manipulirati, sve dok on nije pojednostavljen.

ZAKLJUČAK

Razlog odabira ove teme za diplomski rad bila je, osim znatiželje i nedovoljna upućenost u ovu metodu izmjere u geodeziji. Na fakultetu i u praksi uglavnom sam se bavila tradicionalnim metodama izmjere, a kako se ova, relativno nova metoda, sve više koristi u izmjeri, htjela sam steći znanje i uvid u primjenu ove metode izmjere. Istraživanjem o fotogrametrijskoj metodi izmjere i instrumentima, obavljanjem terenskog dijela zadatka te na kraju obradom snimljenih podataka u fotogrametrijskom softveru, stečeno je vrijedno znanje i iskustvo u toj grani geodezije. U ovom je diplomskom radu detaljno opisan svaki postupak, od zakonske regulative, planiranja i obavljanja leta, mjerenja koordinata orijentacijskih točaka do obrade podataka i konačne izrade modela benediktinskog samostana u Dajli.

Cijelo područje je snimljeno u dosta kratko vrijeme. Zaključuje se kako je ova metoda snimanja vrlo brza, efikasna, a i jednostavna. Za vrijeme leta nema previše posla, kontrolira se situacija na kontroleru i u zračnom prostoru, no zato se većina posla obavlja prije samog leta kad je potrebno isplanirati misiju. To je zapravo najbitniji dio posla, gdje je potrebno zadati niz parametara poput visine, brzine snimanja, preklopa snimki, rezolucije te obuhvata područja snimanja. Te postavke utječu na kvalitetu snimljenog materijala. Prikupljeni podaci su prilično visoke razine detaljnosti, stoga smatram kako se isplatilo ulagati u ovaj način izmjere. Vjerujem da će se u budućnosti, pravna regulativa malo ublažiti te da postupak dobivanja dozvole neće biti toliko zahtjevan i dugotrajan. Upravo iz tog razloga, ova metoda se možda ne koristi dovoljno za svakodnevnu geodetsku djelatnost.

Konačni rezultat ovog projekta je trodimenzionalni model benediktinskog samostana u Dajli. Za obradu snimljenih podataka korišten je RealityCapture softver, koji se pokazao jako korisnim i jednostavnim za upotrebu. Korištenje ovog programa dodatno su olakšali video tutorijali na internetu u kojima su objašnjeni razni koraci potrebni za dobivanje 3D modela. Dobiveni trodimenzionalni model realan je prikaz stvarnog stanja. Kad usporedimo sa slikama samostana iz prvog dijela diplomskog, uočavamo kako je danas ovaj veliki kompleks zapušten i neiskorišten. No, kroz građansku inicijativu „Dajla živi“ pokušava se ubrzati obnova samostana. Očišćena fontana i geometrijski pravilno uređen vrt, kao što je nekad bio, rezultat je početka obnove.

LITERATURA

Požar, H., (1976): Tehnička enciklopedija, 5. svezak, str.583- 584.

Slaviček, A. (n.d.) : Fotogrametrijska metoda,

https://geoskolazg.weebly.com/uploads/1/8/2/5/18250091/aslavi%C4%8Dek_fotogrametrijska_metoda_1.pdf, (3.5.2023.)

Gajski, D. (2019): Fotogrametrija – Skripta predavanja, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Schenk, T. (2005): Introduction to Photogrammetry, Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science The Ohio State University 2070 Neil Ave., Columbus, OH 43210, str. 7- 8.

Kraus, K., (2006): Fotogrametrija, 1.dio Osnove i standardni procesi, Institut za fotogrametriju i daljinska istraživanja Tehničkog sveučilišta u Beču, Zagreb; Sarajevo: Synopsis

Bradanović, M., Jakovčić, J., Oštrić, R. (2009): Dajla, Sic ars deprenditur arte Zbornik u čast Vladmira Markovića, Institut za povijest umjetnosti ; Odsjek za povijest umjetnosti Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Alberi, D. (1997): Istria - storia, arte, cultura, 1997. Edizioni Lint Trieste S.r.l., DAPA 6278 Pazin, str. 1096-1100.

Matejčić, R. (1980): Le caratteristiche fondamentali dell'architettura dell'Istria nei secoli XVII e XVIII, <https://hrcak.srce.hr/file/353388>, str. 244-245

Parentin, L. (1967): Daila - memorie, Pagine Istriane, bilj.12, str.45

Bernik, A. (2010): Vrste i tehnike 3D modeliranja, <https://hrcak.srce.hr/file/127863>, str. 1-3

MREŽNE ADRESE

- URL 1: Isprs, <https://www.isprs.org/documents/statutes.aspx>, (3.5.2023.)
- URL 2: Fotogrametrija. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=20257>, (3.5.2023.)
- URL 3: GeoFokus d.o.o., Fotogrametrija, <https://geofocus.hr/usluge/fotogrametrija/>, (16.5.2023.)
- URL 4: Geoportal, <https://geoportal.dgu.hr/>, (17.5.2023.)
- URL 5: Tourist.hr, <https://tourist.hr/index.php/hr/place/dajla-palace>, (11.6.2023.)
- URL 6: Emlid.com, <https://emlid.com/reach/>, (19.4.2024.)
- URL 7: Narodne novine, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_07_77_1464.html, (23.4.2024.)
- URL 8: Mall.hr, <https://www.mall.hr/bezzrcalni-fotoaparati/nikon-z5-kit-24-70-f-4?tab=description>, (19.4.2024.)
- URL 9: Nikon.hr, https://www.nikon.hr/hr_HR/product/apps-software/snapbridge, (19.4.2024.)
- URL 10: DJI Phantom 4 Pro V2.0, <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2>, (29.4.2024.)
- URL 11: SPH Engineering UgCS Photogrammetry Tool for UAV Land Survey Missions, <https://www.sphengineering.com/news/ugcs-photogrammetry-tool-for-uav-land-survey-missions>, (29.4.2024.)
- URL 12: Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/RealityCapture>, (1.5.2024.)
- URL 13: cgchannel, <https://www.cgchannel.com/2016/02/capturing-reality-releases-realitycapture-in-open-beta/>, (1.5.2024.)
- URL 14: RealityCapture, <https://rhelp.capturingreality.com/en-US/tools/texturing.htm>, (8.6.2024.)
- URL 15: RealityCapture, <https://rhelp.capturingreality.com/en-US/tools/unwrap.htm>, (8.6.2024.)

URL 16: RealityCapture, <https://rhelp.capturingreality.com/en-US/appbasics/renderingrt.htm>, (8.6.2024.)

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Četiri glavne faze fotogrametrije (Schenk, 2005).....	2
Slika 2.2. Snimanje terestričkom metodom (URL 3).....	4
Slika 2.3. Aerofotogrametrijska metoda izmjere (Slaviček, n.d.).....	5
Slika 3.1. Pozicija samostana (Alberi, 1997).....	7
Slika 3.2. Zona Dajle (Alberi, 1997).....	8
Slika 3.3. Prikaz katastarskih čestica (URL 4).....	9
Slika 3.4. Katastar iz 1820.godine, s reambulacijom iz 1872.godine (Archivio di Stato di Trieste, Catastro fanceschino, Castello di Daila).....	11
Slika 3.5. Nerealizirana inačica pročelja palače, Pokrajinski arhiv Hoper, Družinski fond Grisoni – Sabini, G. Le Terrier de Manetote, 1798.....	12
Slika 3.6. Pročelje i inačica tlocrta palače, PAK, Družinski fond Grisoni – Sabini, G. Le Terrier de Manetote, 1798.....	12
Slika 3.7. Današnji prikaz samostana (URL 5).....	13
Slika 4.1. Prijepis posjedovnog lista.....	15
Slika 4.2. Izvadak iz zemljišne knjige.....	16
Slika 4.3. Odobrenje vlasnika za snimanje iz zraka.....	17
Slika 4.4. Rješenje Državne geodetske uprave.....	20
Slika 4.5. GNSS Reach M2, baza Reach RS2 i dodaci (URL6).....	22
Slika 4.6. Fotoaparat Nikon Z5 (URL 8).....	24
Slika 4.7. Dron DJI Phantom 4 Pro V2.0.....	26
Slika 4.8. Prikaz signalizacije GCP-a na terenu.....	27
Slika 4.9. Opažanje GCP-a pomoću GNSS uređaja.....	27
Slika 4.10. Prikaz položaja GCP (QGIS).....	28
Slika 4.11. Prikaz postavki prve misije unutar UgCS softvera.....	31
Slika 5.1. Logo RealityCapture softvera.....	33
Slika 5.2. Prikaz kartice Workflow.....	34
Slika 5.3. Prikaz kartice Alignment.....	34
Slika 5.4. Prikaz kartice Mesh model.....	34
Slika 5.5. Prikaz kartice View.....	35
Slika 5.6. Učitane snimke drona.....	35
Slika 5.7. Alignment report.....	36
Slika 5.8. Oblak točaka nastao poravnanjem snimaka iz zraka.....	36
Slika 5.9. Top view prikaz.....	37

Slika 5.10. Side view prikaz.....	37
Slika 5.11. Pozicije kamera	38
Slika 5.12. Učitavanje GCP-a	38
Slika 5.13. Proces dodavanja kontrolnih točaka snimci.....	39
Slika 5.14. Primjer prijedloga snimaka za GCP broj 2	39
Slika 5.15. Prikaz GCP-a nakon poravnanja	40
Slika 5.16. Prikaz komponente fotografija snimljenih fotoaparatom.....	41
Slika 5.17. Proces dodavanja kontrolnih točaka na fotografije drona i fotoaparata.....	41
Slika 5.18. Konačan prikaz rijetkog oblaka točaka	42
Slika 5.19. Model nakon postavljanja regije i razine mreže	42
Slika 5.20. Rekonstruirani oblak točaka – cijeli model.....	43
Slika 5.21. Rekonstruirani oblak točaka – uvećani dio	43
Slika 5.22. Prikaz odabranog područja pomoću Lasso tool-a	44
Slika 5.23. Uređeni oblik modela.....	44
Slika 5.24. Prikaz komponenti prije i nakon filtriranja	45
Slika 5.25. Izvješće provjere integriteta	45
Slika 5.26. Izvješće provjere topologije	45
Slika 5.27. Postavke Unwrap parametara.....	46
Slika 5.28. Postavke Simplify parametara	47
Slika 5.29. Pojednostavljeni model	48
Slika 5.30. Pojednostavljeni model – uvećani dio	48
Slika 5.31. Postavke za reprojekciju teksture.....	49
Slika 5.32. Slojevi teksture pojednostavljenog modela.....	49
Slika 5.33. Pojednostavljeni teksturirani model – Top view.....	50
Slika 5.34. Pojednostavljeni teksturirani model - Back view	50
Slika 5.35. Pojednostavljeni teksturirani model (uvećani dio) – Top view	50
Slika 5.36. Pojednostavljeni teksturirani model (uvećani dio) – Back view.....	51
Slika 5.37. Prikaz neuspješno otklonjenih nepravilnosti.....	51
Slika 6.1. Prikaz završnog 3D modela - Vertices.....	52
Slika 6.2. Prikaz završnog 3D modela - Solid.....	53
Slika 6.3. Prikaz završnog 3D modela – Sweet.....	53
Slika 6.4. Uvećan prikaz ladanjske palače	54
Slika 6.5. Uvećani prikazi Kapelanove kuće i Crkve.....	54

Slika 6.6. Uvećani prikaz ostatka kompleksa.....	55
Slika 6.7. Uvećani prikaz gospodarske zgrade.....	55

POPIS TABLICA

Tablica 4.1. Specifikacije GNSS Emlid Reach M2 (URL 6).....	22
Tablica 4.2. Tehničke specifikacije fotoaparata Nikon Z5 (URL 9).....	24
Tablica 4.3. Popis koordinata GCP u HTRS96/TM projekcijskom koordinatnom sustavu. ...	28
Tablica 5.1. Usporedba slojeva teksture.....	49

PRILOZI

Prilog 1. CD na kojem se nalazi diplomski rad u digitalnom obliku

- Diplomski_Jugovac.docx
- Diplomski_Jugovac.pdf
- Model.obj
- Model-Pojednostavljeni.obj