

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Žorž, D., 2015. Izdelava ortofota iz bližnjefotogrametrijskih aerofotogrametrij na območju krajinskega parka Sečoveljske soline. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kosmatin Fras, M., somentor Grigillo, D.): 20 str.

Datum arhiviranja: 02-06-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Žorž, D., 2015. Izdelava ortofota iz bližnjefotogrametrijskih aerofotogrametrij na območju krajinskega parka Sečoveljske soline. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kosmatin Fras, M., co-supervisor Grigillo, D.): 20 p.

Archiving Date: 02-06-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GEODEZIJA
SMER ZA PROSTORSKO
INFORMATIKO

Kandidat:

DANI ŽORŽ

**IZDELAVA ORTOFOTA IZ BLIŽNJESLIKOVNIH
AEROPOSNETKOV NA OBMOČJU KRAJINSKEGA
PARKA SEČOVELJSKE SOLINE**

Diplomska naloga št.: 413/PI

**GENERATION OF AN ORTHOPHOTO FROM CLOSE
RANGE AERIAL IMAGES IN THE AREA OF
SEČOVLJE SALINA NATURE PARK**

Graduation thesis No.: 413/PI

Mentorica:

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Predsednik komisije:

Somentor:

asist. dr. Dejan Grigillo

Ljubljana, 26. 05. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVE

Podpisani Dani Žorž izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Izdelava ortofota iz bližnjelikovnih aerosposnetkov na območju krajinskega parka Sečoveljske soline«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 05. 05. 2015

Dani Žorž

BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.715(497.4Sečoveljske soline)(043.2)
Avtor:	Dani Žorž
Mentor:	doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
Somentor:	asist. dr. Dejan Grigillo
Naslov:	Izdelava ortofota iz bližnjelikovnih aeroposnetkov na območju krajinskega parka Sečoveljske soline
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema:	20 str., 1 pregl., 17 sl., 1 pril.
Ključne besede:	ortofoto, brezpilotni letalnik, DJI Ground station, Agisoft Photoscan Pro

Izvleček

Nove tehnologije so v zadnjih nekaj letih omogočile širšo uporabo brezpilotnih letalnikov za potrebe zajema prostorskih podatkov. Tudi v okviru te diplomske naloge smo uporabili letalnik, s katerim smo fotografirali območje krajinskega parka Sečoveljske soline in izdelali ortofoto, ki ga bo naročnik uporabil kot rastrsko podlago v GIS orodjih za nadaljnje analize. Opisali ter predstavili smo uporabljen brezpilotni letalnik in pripadajoči računalniški program, ki je potreben za načrtovanje in izvedbo zajema bližnjelikovnih aeroposnetkov. Po opravljenem terenskemu delu smo se posvetili obdelavi pridobljenih podatkov in izdelavi končnega ter za naročnika v semantičnem smislu izboljššanega ortofota. Rezultate smo ovrednotili z analizo vplivov na kakovost končnega izdelka, v zaključku naloge pa povzeli naše ugotovitve.

BIBLIOGRAPHIC–DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.715(497.4Sečoveljske soline)(043.2)
Author:	Dani Žorž
Supervisor:	Assist. prof. Mojca Kosmatin Fras, Ph. D.
Cosupervisor:	Assist. Dejan Grigillo, Ph.D.
Title:	Generation of an orthophoto from close range aerial images in the area of Sečovlje salina nature park
Document type:	Graduation thesis – higher professional studies
Scope and tools:	20 p., 1 tab., 17 fig., 1 ann.
Keywords:	orthophoto, unmanned aerial vehicle, DJI Ground station, Agisoft Photoscan Pro

Abstract

In the last few years new technologies have allowed wider use of unmanned aerial vehicles (UAV) for spatial data acquisition. For the purpose of this thesis the UAV was used as a platform to photograph the area of Sečovlje salina nature park. From the acquired images an orthophoto mosaic of the area was produced. The client needs this orthophoto as a raster layer in GIS in order to make further analysis. This thesis describes and outlines the used UAV and the related computer program required for the planning and acquisition of close range aerial images. After completing the fieldwork, the thesis focuses on processing the acquired data and producing a final as well as for the client in semantic terms improved orthophoto. The results were evaluated by analyzing the impact of particular influences on the quality of the final product. Conclusions are given in the final part of the thesis.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in koristne nasvete pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Kosmatin Fras in somentorju asist. dr. Dejanu Grigillo.

Zahvalil bi se tudi podjetju Geotočka d.o.o. za zagotovljeno možnost uporabe programske in strojne opreme potrebne pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala domačim za potrpljenje.

Hvala sošolcem za druženje.

Hvala Lejli za vse.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE.....	II
BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC–DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
1 UVOD	1
2 SEGMENTI IZDELAVE ORTOFOTA Z BLIŽNJESLIKOVNIMI AEROPOSNETKI	2
2.1 Ortofoto	2
2.2 Brezpilotni letalnik	3
2.3 Programska oprema	4
2.3.1 DJI Ground Station 4.0.10.....	4
2.3.2 Agisoft Photoscan Pro 1. 0. 4	5
3 ZAJEM IN OBDELAVA PODATKOV	7
3.1 Krajinski park Sečoveljske soline	7
3.2 Namen ortofota.....	8
3.3 Predpriprava in izvedba terenskega dela.....	8
3.4 Postopek obdelave podatkov.....	11
3.4.1 Izdelava redkega oblaka točk (slikovno ujemanje).....	11
3.4.2 Merjenje signaliziranih terenskih točk	12
3.4.3 Izravnava bloka posnetkov	13
3.4.4 Gosti oblak točk.....	13
3.4.5 Izgradnja 3D modela in nepravilne trikotniške mreže	14
3.4.6 Izgradnja teksture za 3D model	15
3.4.7 Končni izdelek.....	15
4 VPLIVI NA KAKOVOST IN OCENA KONČNEGA IZDELKA	17
4.1 Terenske omejitve	17
4.2 Vremenski vplivi	17
4.3 Prečni in vzdolžni preklop	17
4.4 Izboljšava končnega izdelka	18
5 ZAKLJUČEK	19
VIRI	20

KAZALO SLIK

Slika 1: Princip izdelave ortofota [3]	2
Slika 2: Inercialna merska enota, glavni regulator krmilnega sistema in GNSS sprejemnik [6]	3
Slika 3: Šest-rotorni kopter oblike ipsilon (Y) [7]	3
Slika 4: Brezpilotni letalnik podjetja Geotočka d.o.o.	4
Slika 5: Prikaz ortofota v programu Google Zemlja z označenimi položaji in številkami oslonilnih, kontrolnih in detajlnih koordinat točk za obravnavani primer.	6
Slika 6: Prikaz območja KPSS (z rdečo črto) ter obravnavanega območja (z zeleno črto) [9]	7
Slika 7: Prikaz omejitev zračnega prostora v Republiki Slovenije [11].....	8
Slika 8: Prikaz posameznih odsekov načrtovane poti letenja v programu DJI Ground Station	9
Slika 9: Razporeditev oslonilnih (1-11) in kontrolnih (K1-K4) točk na obravnavanem območju	10
Slika 10: Shematični prikaz obdelave podatkov	11
Slika 11: Prikaz izdelanega redkega oblaka točk.....	12
Slika 12: Prikaz postavitve zastavice v programu Agisoft Photoscan Pro na signalizirano točko 7.....	12
Slika 13: Prikaz izdelanega gostega oblaka točk	14
Slika 14: Prikaz odseka izdelane nepravilne trikotniške mreže.....	15
Slika 15: Primerjava med izvoženim ortofotom iz programa (levo) in neselektivno obdelanim (desno)	16
Slika 16: Območje zamegljenih odsekov (znotraj rdeče označenega območja)	18
Slika 17: Primerjava državnega (DOF025) in našega ortofota	18

KAZALO PREGLEDNICE

Preglednica 1: Koordinate in odstopanje kontrolnih točk v koordinatnem sistemu D48/GK	17
---	----

KRATICE

GIS	geografski informacijski sistem
UAV	(angl.) unmanned aerial vehicle; brezpilotno zračno plovilo
DMR	digitalni model reliefa
UAS	(angl.) unmanned aerial system; brezpilotni aerosistem
GNSS	(angl.) global navigation satellite system; globalni navigacijski satelitski sistem
CMOS	(angl.) complimentary metal oxide semiconductor; vrsta slikovnega senzorja
3D	tridimenzionalen
GCP	(angl.) ground control point; terenska točka za namene georeferenciranja; (fotogr.) oslonilna točka
KPSS	krajinski park Sečoveljske soline
RTK	(angl.) real time kinematic; metoda GNSS, ki se izvaja v realnem času
TIN	(angl.) triangulated irregular network; nepravilna trikotniška mreža
RGB	(angl.) red, green, blue; barvni model (rdeča, zelena, modra)

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Razvoj sodobnih in vedno bolj dostopnih tehnologij je veliko doprinesel tudi na področju zajema prostorskih podatkov. V zadnjih nekaj letih so se razvili navigacijski sistemi za brezpilotne letalnike (angl. unmanned aerial vehicle, UAV), ki so zelo prijazni do uporabnika. Narašča pa tudi zmogljivost brezpilotnih letalnikov v smislu njihove dolžine leta in nosilnosti. Z njimi lahko pridobimo aeroposnetke oziroma aerofotografije, ki so vhodni podatek za izdelavo ortofota visoke ločljivosti.

Ortofoto je aerofotografija, ki je z upoštevanjem podatkov o reliefu in absolutne orientacije aerofotografij pretvorjena v ortogonalno projekcijo. Izdelek je v merskem smislu enak linijskemu načrtu ali karti [1].

V nalogi smo opisali postopek izdelave ortofota na območju krajinskega parka Sečoveljske soline. Z brezpilotnim letalnikom, ki je v lasti podjetja Geotočka d.o.o. (www.geotocka.si) ter s profesionalnim navigacijskim sistemom DJI, smo zajeli aeroposnetke na terenu. Podatkovna obdelava se je izvajala v programu Agisoft Photoscan Pro. Ortofoto je podlaga za nadaljnje raziskovalno delo s strani naročnika. Vredno je poudariti, da sem v okviru projekta osebno sodeloval pri fotogrametričnem zajemu oziroma načrtovanju in upravljanju letalnika ter obdelavi podatkov. Pri končnem izdelku je bil poudarek predvsem na čim boljši ločljivosti in prepoznavnosti posameznih rastlinskih vrst in ne toliko na položajni točnosti ortofota. Opisali smo tudi določene vplive, ki so botrovali h končni kakovosti rezultatov.

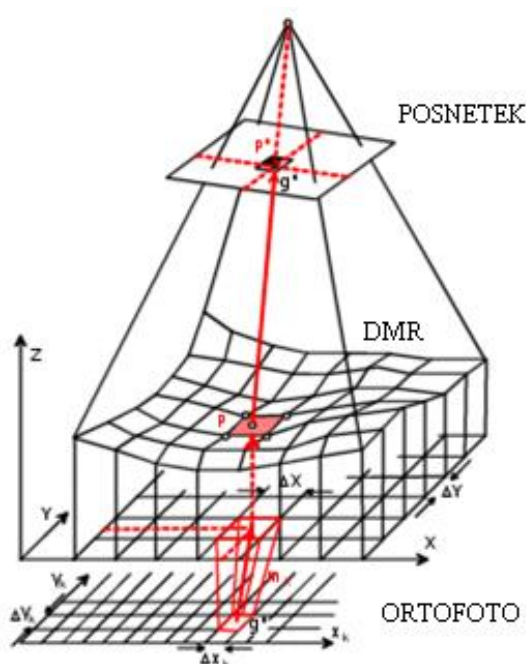
V uvodu predstavimo namen, obseg in strukturo naloge. V drugem poglavju so opisane teoretične osnove za izdelavo ortofota, sestavni deli in delovanje brezpilotnega letalnika ter uporabljena programska oprema. V tretjem poglavju je opisan namen končnega izdelka, terenska izvedba del in postopek obdelave pridobljenih podatkov. Analiza kakovosti v smislu dejavnikov vpliva na kakovost izdelka je opisana v četrtem poglavju. V zaključku povzamemo naše ugotovitve in nakažemo smernice nadaljnje uporabe in razvoja te hitro razvijajoče se tehnologije.

2 SEGMENTI IZDELAVE ORTOFOTA Z BLIŽNJESLIKOVNIMI AEROPOSNETKI

V naslednjih podpoglavjih bomo na kratko opisali glavne faze izdelave ortofota, sestavo uporabljenega brezpilotnega letalnika in predstavili programsko opremo, ki smo jo uporabljali pri zajemu in obdelavi podatkov.

2.1 Ortofoto

Ortofoto je posnetek, ki je narejen v centralni projekciji in prek digitalnega modela reliefa (DMR) transformiran v ortogonalno projekcijo. Po merskih lastnostih je podoben karti, po vsebini pa je ortofoto še vedno fotografija. Taka oblika prikaza je zelo uporabna za arheologe, gozdarje, kmetijske delavce, geografe, geologe, planerje in ekologe [2].



Slika 1: Princip izdelave ortofota [3]

Glavne faze v postopku izdelave ortofota so naslednje [4]:

- fotografiranje površja,
- orientacija posnetkov,
- priprava DMR,
- geometrična in radiometrična transformacija posnetkov,
- združevanje posnetkov oziroma izdelava mozaika,
- ocena kakovosti izdelka,
- hranjenje / arhiviranje.

Pri njihovi izdelavi pa je pomembno tudi poznavanje elementov, ki vplivajo na kakovost [4]:

- kakovost posnetkov,
- natančnost parametrov notranje in zunanje orientacije,
- kakovost DMR,
- uporabljena metoda radiometrične transformacije,
- časovna ažurnost vhodne slike.

2.2 Brezpilotni letalnik

Brezpilotni letalnik ali krajše letalnik (UAV) je manjše zračno plovilo, ki leti brez posadke. Osnovna tipa letalnika sta letalo in kopter. Prvi v splošnem dosega večje hitrosti in lahko preleti večja območja, drugi ima prednost predvsem na območjih z omejenim prostorom za vzlet in pristane. Različne vrste letalnikov delimo tudi glede na njihovo velikost, trajanje in višino leta ter opremo in sisteme, ki jih nosijo [5].

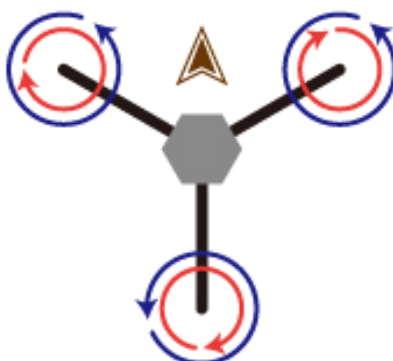
Letalnik je v bistvu le platforma brezpilotnega aerosistema (angl. unmanned aerial system, UAS), ki je sestavljen iz [5]:

- okvirja/skeleta zračnega plovila s pripadajočimi komponentami,
- avtopilota, ki je sestavljen iz (slika 2):
 - o inercialne merske enote (pospeškometer, barometrični višinomer in žiroskop),
 - o glavnega regulatorja krmilnega sistema (angl. main controller),
 - o GNSS sprejemnika,
- senzorjev za zajem prostorskih podatkov (npr. fotoaparati, video-kamere, laserskega skenerja),
- zemeljske postaje za načrtovanje in kontrolo letenja,
- daljinskega upravljalnika,
- brezžičnega sistema za izmenjavo podatkov med letalnikom in zemeljsko postajo za prenos videa in telemetrije v realnem času,
- brezžičnega sistema za ročno daljinsko upravljanje letalnika,
- akumulatorja ali rezervoarja.



Slika 2: Inercialna merska enota, glavni regulator krmilnega sistema in GNSS sprejemnik [6]

V našem primeru je bil uporabljen šest-rotorni kopter oblike ipsilon (slika 3), kateri je bil sestavljen s pomočjo izkušenih ljubiteljskih modelarjev na način, da je letalnik robusten a še vedno lahek in lepo vodljiv. Slednje pomeni, da je prijazen do upravljalca letalnika in da se dobro upira zunanjim vremenskim vplivom (npr. zelo stabilen ob večjih sunkih vetra).



Slika 3: Šest-rotorni kopter oblike ipsilon (Y) [7]

Na okvirju letalnika so pritrjeni visoko-frekvenčni sprejemnik telemetrije znamke Graupner, GNSS sprejemnik, inercialna merska enota in glavni regulator krmilnega sistema znamke Wookong-M podjetja DJI. Na letalniku je pritrjen tudi dvo-osni gimbal¹, na njem pa digitalni fotoaparati Sony NEX-6 α s tipalom CMOS dimenzij 23,5 mm x 15,6 mm in 16,1 milijonov slikovnih točk ločljivosti.

Druge lastnosti tega brezpilotnega letalnika so:

- časovna omejenost letenja z enim polnjenjem do 15 minut,
- teža letalnika je 2,5 kg,
- maksimalna nosilnost je 5,5 kg,
- maksimalna hitrost letenja v brezvetrju 15 m/s.



Slika 4: Brezpilotni letalnik podjetja Geotočka d.o.o.

2.3 Programska oprema

Za izdelavo ortofota sta bila ključna programa DJI Ground Station različice 4.0.10, kateri se je uporabljal za načrtovanje leta in upravljanje letalnika na terenu, ter program Agisoft Photoscan Pro 1.0.4, s katerim smo pridobljene posnetke obdelali v pisarni.

2.3.1 DJI Ground Station 4.0.10

Program DJI Ground Station, kot pove ime samo, je zemeljska postaja brezpilotnega letalnika in se uporablja za spremljanje ter načrtovanje letenja neposredno na terenu ali predhodno v pisarni. Program prikazuje različne parametre (višino, hitrost, moč signala, število satelitov, ipd.) in omogoča 3D prikazovanje zemljevida (Google Zemlja), spremljanje letenja v realnem času, simuliranje letenja načrtovane poti, način letenja s pomočjo tipkovnice ali krmilne ročice, urejanje do 50 karakterističnih točk načrtovane poti, avtomatično vračanje na izhodiščno točko, vzletanje ter pristajanje, krmiljenje gimbla in uporabo orodja za fotogrametrične namene. V programu lahko načrtovano pot letenja simuliramo z namenom, da preverimo možne nepravilnosti pri nastavljeni višini leta in čas letenja od vzleta do pristanka brez vpliva vremenskih pogojev.

¹ Mehanizem, ki omogoča položajno stabilnost premikajočim se predmetom, instrumentom.

Pri načrtovanju leta nad določenim območjem moramo v programu vnesti parametre, ki so bistvenega pomena za določitev prave poti letenja in pravočasnega proženja fotoaparata. Ti parametri so:

- dimenzije (širina in višina) senzorja fotoaparata,
- goriščna razdalja objektiv,
- višina in maksimalna hitrost leta,
- prečno in vzdolžno prekrivanje posnetkov.

Program je zelo enostaven za uporabo, saj nima nepotrebnih ikon in nastavitev. Ima pa pomanjkljivost, ki je v večini primerov zelo moteča. Pri načrtovanju poti letenja, ki je potrebna za izdelavo ortofota, smo omejeni zgolj na določitev območja pravokotne oblike. Zaradi tega se nam čas letenja nekoliko podaljša, s tem pa je povezana tudi pridobitev večjega števila posnetkov, ki nam poveča obseg obdelave podatkov. Vendar, ker je podjetje DJI med vodilnimi na področju navigacijskega sistema brezpilotnih letalnikov, verjamemo, da bodo te pomanjkljivosti v kratkem tudi odpravili.

2.3.2 Agisoft Photoscan Pro 1. 0. 4

Agisoft Photoscan Pro je računalniški program ruskega podjetja Agisoft LLC, ki omogoča izdelavo 3D modelov objektov in površja iz fotografij z naprednimi tehnikami slikovne obdelave. Program omogoča izdelavo kakovostnih fotogrametričnih izdelkov kot so georeferenciran ortofoto, podrobni 3D modeli objektov in površja ter digitalni modeli reliefa. Georeferenciranje je izvedeno na podlagi podatkov o oslonilnih točkah (angl. ground control points, GCP), ki jih vnesemo v program [8].

Z uporabo programa lahko tudi:

- klasificiramo fotogrametrični oblak točk in izdelamo DMR,
- merimo površine in volumne,
- izdelamo sferične panorame,
- obdelujemo multispektralne posnetke in
- vnašamo Python-kode.

Velika izbira izvoznih datotek omogoča nadaljnjo obdelavo pridobljenih podatkov z različnimi programskimi orodji. Na primer lahko izvozimo KMZ/KML format datoteke izdelanega ortofota ali 3D modela površja, ki se uporablja za prikazovanje v Google Zemlji, kjer imamo boljšo prostorsko percepcijo in po želji uvažamo dodatne datoteke.



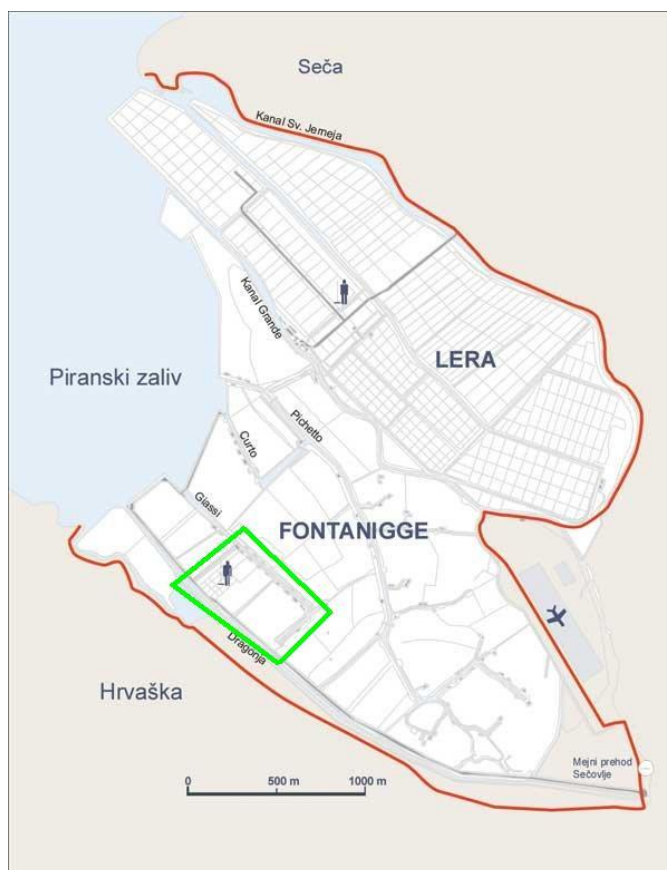
Slika 5: Prikaz ortofota v programu Google Zemlja z označenimi položaji in številkami oslonilnih, kontrolnih in detajlnih koordinat točk za obravnavani primer.

3 ZAJEM IN OBDELAVA PODATKOV

V tem poglavju bomo opisali značilnosti obravnavanega območja, namen pridobljenih podatkov, pripravo na terensko delo, postopke za pridobitev in obdelavo podatkov.

3.1 Krajinski park Sečoveljske soline

S površino približno 750 hektarov leži krajinski park Sečoveljske soline (KPSS) na skrajnem jugozahodnem delu Slovenije, tik ob meji z Republiko Hrvaško. Naravne vrednote območja so zavarovane z Uredbo o KPSS (Ur.l.RS št.29/2001), kulturna dediščina pa z občinskim odlokom občine Piran. Sečoveljske soline so območje habitatov redkih, ogroženih in značilnih rastlinskih in živalskih vrst, kjer je zaradi dolgotrajnega delovanja človeka nastal tipičen solinski ekosistem. Severni del parka, kjer še poteka aktivna pridelava soli, se imenuje Lera, južni del, imenovan Fontanigge, pa ima bolj pestra življenjska okolja; tu so trstičja, halofitni travniki, suhi, goli ali delno porasli bazeni in otočki v solinskih bazenih, poloji², različni habitatni tipi na brežinah kot tudi na ostankih solinskih hiš [9].



Slika 6: Prikaz območja KPSS (z rdečo črto) ter obravnavanega območja (z zeleno črto) [9]

Cilji krajinskega parka kot ustanove so varstvo narave, ohranitev izjemnih naravnih in kulturnih vrednot, varstvo avtohtonih, redkih in ogroženih rastlinskih ter živalskih vrst, naravnih ekosistemov in značilnosti nežive narave ter ohranitev in nega kulturne krajine. Skrbijo za skluden in trajnosten razvoj, z raziskovalnim delom zagotavljajo optimalne razmere za tamkaj živeči življ. Pomemben del dejavnosti parka sta tudi vzgojno - izobraževalno delo ter upravljanje z zavarovanim območjem [9].

² Poloj je peščeno ali glineno obrežje, ki je izpostavljeno nenehnemu delovanju plime in oseke.

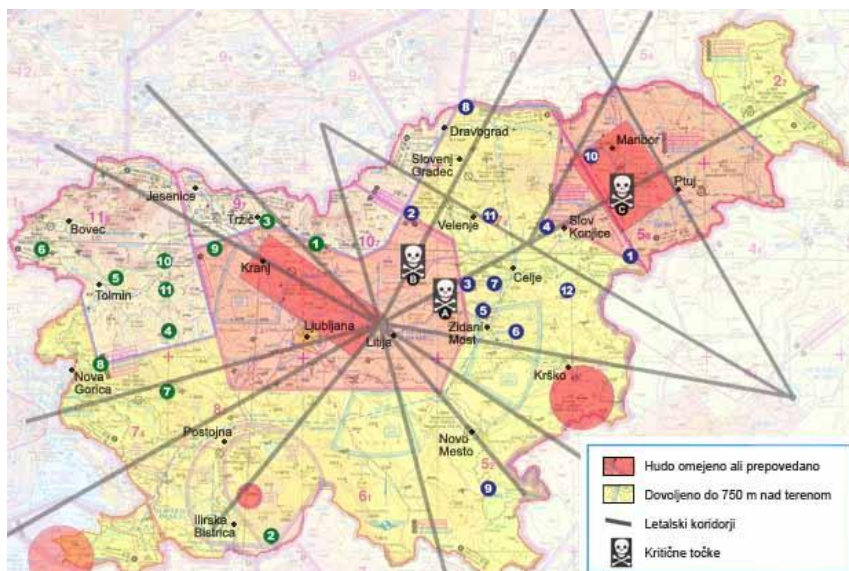
3.2 Namen ortofota

Naročnikova želja glede izdelanega ortofota je bila, da bi ta omogočal natančno in objektivno daljinsko prepoznavanje posameznih rastlinskih vrst ali habitatnih tipov slanoljubne vegetacije na območju krajinskega parka Sečoveljske soline. S pomočjo izdelanega ortofota in izmerjenih terenskih točk bi lahko naročnik z orodji GIS statistično določil posamezno rastlinsko vrsto ali habitat ter spremljal razvoj in dinamiko te zavarovane (Natura 2000) vegetacije [10].

3.3 Predpriprava in izvedba terenskega dela

S strani naročnika smo prejeli informacije o obravnavanem območju (slika 6) in o prostorskih podatkih, ki so za njih pomembnejši od drugih. Oblika in ločljivost zazidanih objektov ter makadamske poti so za njih odvečen podatek in jih v nadaljnjih analizah ne obdelujejo. Največji poudarek je bil na rastlinskem živežu, ki uspeva v tem okolju. Cilj je bil doseči boljšo prostorsko ločljivost in kontrast med posameznimi rastlinskimi vrstami, kot to omogočajo podatki iz zbirke državnih ortofotov. Za dosedanje analize so uporabljali državne ortofote DOF025, DOF050 in bližnje infrardeči ortofoto DOF050IR. Naročnik še ni imel izkušenj s prostorskimi podatki pridobljenih in obdelanih iz bližneslikovnih aeroposnetkov tako, da podrobnejših zahtev niso opredelili.

Ker je v bližini krajinskega parka aerodrom Portorož, smo se morali poučiti tudi o morebitnih omejitvah letenja. Na aerodromu Portorož so nam zagotovili, da z našo predvideno višino leta (100 metrov nad tlemi) njihovega delovanja in varnosti v letalskem prometu ne bomo ovirali. Opazili smo tudi, da je kljub hitremu tehnološkemu napredku in vse bolj dostopnih tovrstnih sistemov, zakonodaja na tem področju zelo pomanjkljiva. Tako glede predpisov za usposabljanje pilotov, registracije letalnikov in varnostnih ukrepov, kot tudi predpisov, ki urejajo pravice do zasebnosti.



Slika 7: Prikaz omejitev zračnega prostora v Republiki Slovenije [11]

KPSS je zaščiten in naravovarstveno območje, zato je potrebno omeniti, da je dostop po parku izven urejenih prometnih in pešpoti strogo prepovedan, kajti rastlinski in živalski habitati so zelo občutljivi na zunanje in predvsem človeške vplive. Izjeme so vzdrževalna, študijska in raziskovalna dela z minimalnim posegom v habitate. Časovno smo bili omejeni na čimprejšnjo izvedbo, kajti rastlinski

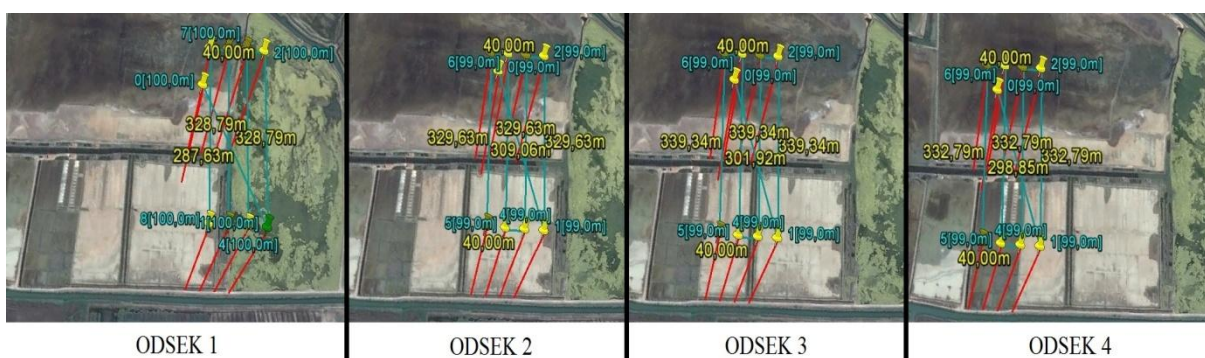
živež, ki nas je zanimal pri zbiranju prostorskih podatkov, se je s približevanjem jesenskega letnega časa pripravljaj na odcvet in bi v tej obliki bil nezanimiv za nadaljnje raziskave.

Zaradi poletnih velikih oziroma rekordnih količin padavin na območju KPSS, pa so bili položi in solinska polja skoraj celo poletje in jesen zaliti z vodo, kar je tudi vplivalo na manjšo gostoto rastlinskih habitatov.

Načrt letenja brezpilotnega letalnika za območje velikosti 20 hektarov smo izdelali že pred odhodom na teren in na podlagi naših ocen, da bo:

- območje preleta najverjetneje poplavljenno, zaradi obilnih padavin in počasnega odtekanja vode,
- območje vzleta in pristanka letalnika možno zgolj na makadamski cesti, ki pelje vzdolž našega območja,
- makadamska cesta kot edina povezava do muzeja občasno prometna z obiskovalci parka,
- v tem delu krajinskega parka verjetno prisotno veliko število ptic,

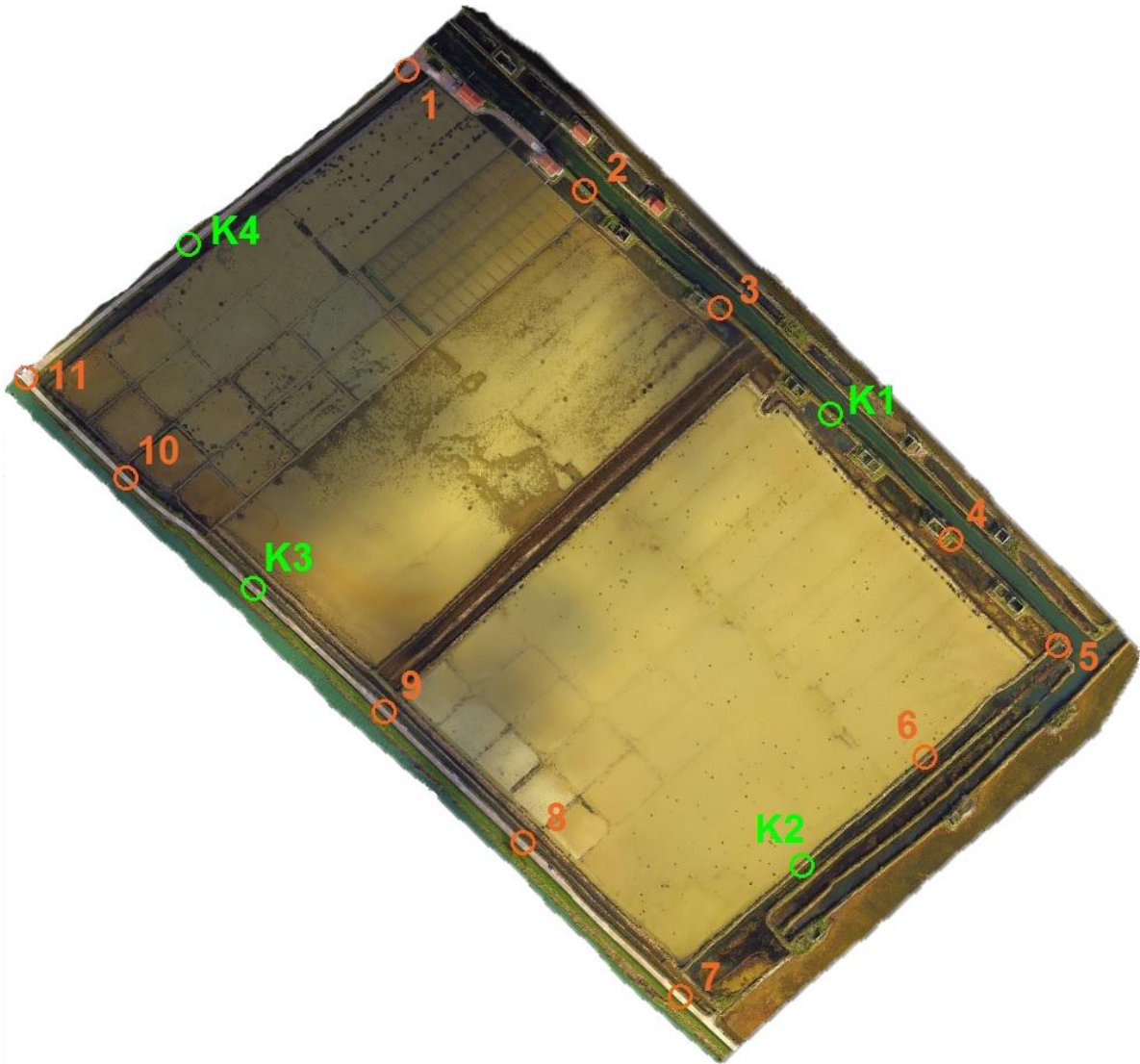
smo se odločili, da bomo prilagodili oziroma skrajšali trajanje leta brezpilotnega letalnika in se tako lažje izogibali morebitnim oviram ter imeli dovolj časa za varno pristajanje. V pisarni smo načrt letenja shranili v štiri posamezne odseke, kot prikazuje slika 8.



Slika 8: Prikaz posameznih odsekov načrtovane poti letenja v programu DJI Ground Station

Po hitrem pregledu dejanskega stanja na terenu smo opazili, da so bile naše predpostavke v večini primerov utemeljene. Načrtovane poti letenja nam na terenu ni bilo potrebno popravljati, saj ni bilo nobenih višinskih ovir (višje vzpetine, visoka vegetacija, električni daljnovodi).

Pred vzletom letalnika je bilo potrebno poskrbeti za signalizacijo oslonilnih točk. Ker na terenu ni bilo nobene lepo definirane karakteristične točke, je bilo potrebno signalizirati tudi kontrolne točke. Za metodo izmere terenskih točk, katere so bile signalizirane z markirnim sprejem, smo izbrali GNSS RTK metodo, ker je hitrejša in omogoča nekaj centimetrsko natančnost določitve koordinat. Točke smo razporedili samo po obodu obravnavanega območja kot prikazuje slika 9, kajti zaradi poplavljenih solinskih bazenov je bila notranjost nedostopna.



Slika 9: Razporeditev oslonilnih (1-11) in kontrolnih (K1-K4) točk na obravnavanem območju

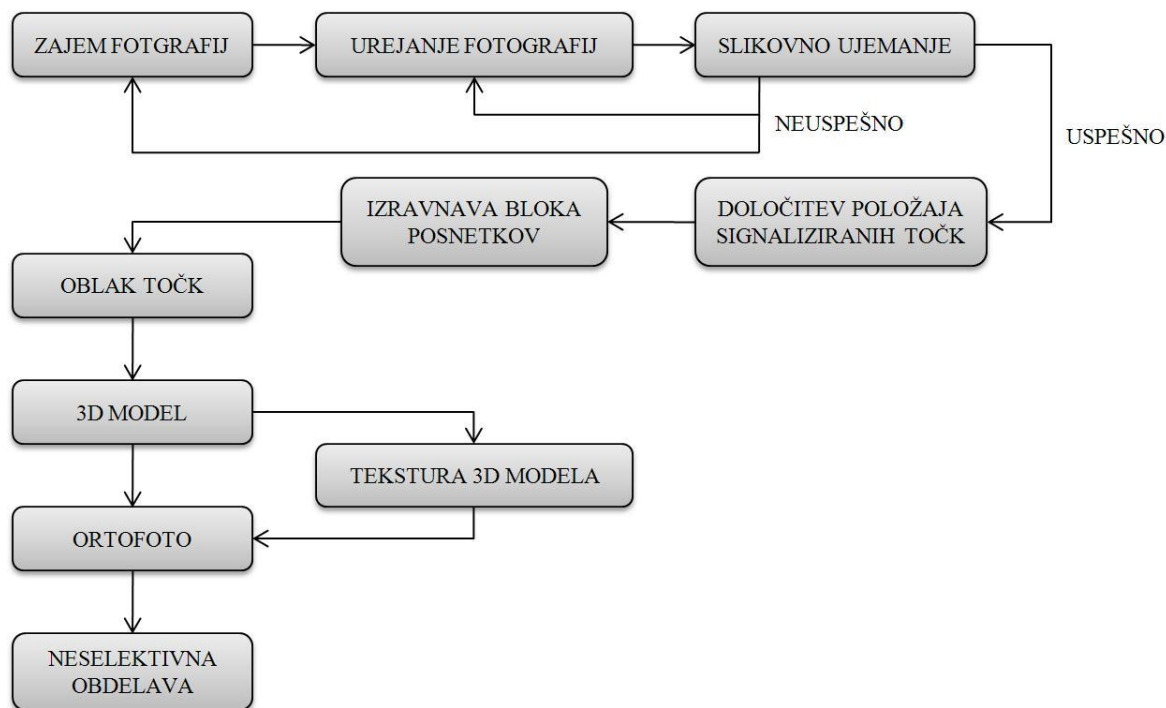
Območje smo preleteli na višini 100 m nad površjem v štirih odsekih s povprečnim časom letenja sedem minut, s 70% prečnim in vzdolžnim prekrivanjem posnetkov ter s skupno količino 314 posnetih fotografij.

Osnovne nastavitve fotoaparata so bile:

- odprtost zaslonke F/5,
- čas osvetlitve 1/800 sekund,
- hitrost ISO – 200.

3.4 Postopek obdelave podatkov

Shema na sliki 10 prikazuje postopke pri izdelavi končnega izdelka. Vse postopke obdelave smo opravili v programskem orodju Agisoft Photoscan Pro, razen zajema fotografij (poglavje 3.3) in neselektivne obdelave ortofota (poglavje 3.4.7).



Slika 10: Shematični prikaz obdelave podatkov

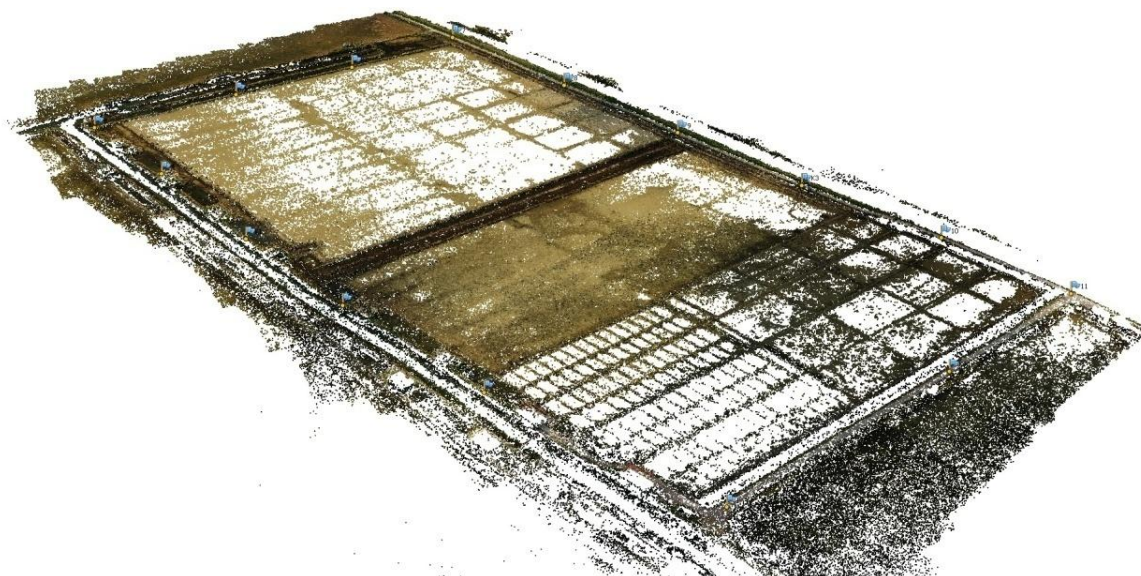
Po uspešno pridobljenih bližnjefotografskih aerofotogrametričnih posnetkih se je bilo potrebno posvetiti večjemu številu fotografij in njihovi obdelavi. Prvi korak je bila ureditev in izločanje zamegljenih posnetkov oziroma posnetkov z neustrezno ločljivostjo, saj ti vplivajo na kakovost končnega izdelka. Za opis postopkov obdelave v podpoglavjih od 3.4.1 do 3.4.7 smo izhajali iz vira [8] in [12].

Za obdelovanje podatkov smo uporabili namizni računalnik z naslednjo strojno opremo:

- dvo-jedrni procesor Intel(R) Celeron(R) CPU G550 @ 2.60GHz,
- pomnilnik (RAM) 8GB,
- grafični procesor Intel(R) Graphics.

3.4.1 Izdelava redkega oblaka točk (slikovno ujemanje)

Izbrano število posnetkov (259) smo vnesli v program Agisoft Photoscan Pro. Če poznamo približen položaj posnetih fotografij s pripadajočimi koordinatami projekcijskih centrov v času proženja (ti podatki niso obvezni, omogočajo zgolj hitrejšo obdelavo pri iskanju značilnih točk in jih ni potrebno uvoziti v program), si v programu zmanjšamo časovno obdelavo pri procesu slikovnega ujemanja. V ta proces obdelave so združeni postopek orientiranja posnetkov (oceni položaja posnetkov v času proženja), postopek iskanja ustreznih značilnih točk med prekrivajočimi posnetki in postopek izdelave redkega modela oblaka točk (angl. sparse point cloud), ki je približek fotogrametrično določenega oblaka točk. Izdelava tega oblaka je v programu obvezen korak in omogoča hitrejšo nadaljnje obdelovanje sledečih postopkov. Program je izdelal redki oblak s 639.379 točkami.



Slika 11: Prikaz izdelanega redkega oblaka točk

3.4.2 Merjenje signaliziranih terenskih točk

Zastavico (angl. marker), s katero v programu označimo položaj terenskih točk (slika 12), postavimo na zeleno pozicijo na poljubni fotografiji, kjer je terenska točka vidna. To ponovimo za vse oslonilne točke, katerim smo s terensko izmero določili pripadajoče koordinate. Kontrolnim točkam lahko tudi označimo položaj, vendar za samo obdelavo niso potrebne, tako da jih lahko uporabimo kot grobo kontrolo v samem procesu obdelave. Naslednji korak je izgradnja geometrije 3D modela iz redkega oblaka točk. Izdelano geometrijo potrebujemo za hitrejše, vodeno pozicioniranje signaliziranih terenskih točk (oslonilnih in kontrolnih točk). Program tako omogoča z določenimi notranjimi algoritmi avtomatsko določitev približnih položajev teh točk na ostalih fotografijah. Če izgradnje modela predhodno ne naredimo, bi morali položaj signaliziranih točk sami poiskati na vseh posameznih fotografijah, kar je ob velikem številu le-teh zelo zamudno. Programsko odkriti položaji oslonilnih in kontrolnih točk niso dovolj dobri, zato jih je potrebno preveriti in ročno popraviti.



Slika 12: Prikaz postavitve zastavice v programu Agisoft Photoscan Pro na signalizirano točko 7

Po določitvi položaja vseh signaliziranih terenskih točk (v našem primeru je 11 oslonilnih in 4 kontrolne točke) sledi uvoz koordinat teh točk v preurejeni *.txt datoteki z ustrežno izbranim koordinatnim sistemom. Podrobnejša navodila in primere urejenih datotek imamo podane v navodilih

za program [8]. V našem primeru smo določili (razvidno na sliki 9) in uvozili 11 položajev (oznake od 1 do 11) za oslonilne točke in 4 položaje (oznake od K1 do K4) za kontrolne točke.

Za uvožene položaje točk v ustrezno izbranem koordinatnem sistemu se izračunajo pogreški, ki so v programu vidni v stolpcih in predstavljajo:

- Error (m) je razdalja med vhodnim podatkom oslonilne točke in ocenjenim položajem pripadajoče zastavice izražena v metrih. Povprečna vrednost po opravljeni izravnavi bloka posnetkov (poglavje 3.4.3) je bila 0,091 m.
- Error (pix) je koren povprečne kvadratne napake reprojeckije položaja zastavice, preračunan v vseh fotografijah, kjer je zastavica vidna in izražena v slikovnih točkah. Povprečna vrednost po opravljeni izravnavi bloka posnetkov (poglavje 3.4.3) je bila 0,623 slikovne točke.

3.4.3 Izravnavna bloka posnetkov

Z upoštevanjem predhodno določenih začetnih položajev terenskih točk na posnetkih je potrebno izvesti izravnavo bloka posnetkov, da dosežemo boljšo točnost izračuna notranjih in zunanjih parametrov fotoaparata. Na natančnost končne ocene lahko vplivajo različni faktorji, kot je manjše prekrivanje sosednjih fotografij in oblika površine objekta, ti pa lahko privedejo do nelinearne deformacije končnega modela.

V postopku georeferenciranja se medsebojno povezani model posnetkov in njihovih slikovnih žarkov transformira v referenčni koordinatni sistem z uporabo podobnostne sedem parametrične prostorske transformacije (3 parametri translacije, 3 parametri rotacije in 1 parameter merila). Ker je ta transformacija podobnostna, ne omogoča odprave morebitnih nelinearnih pogreškov. Po uspešno opravljeni izravnavi bloka posnetkov lahko iz posnetkov izdelamo gost oblak točk.

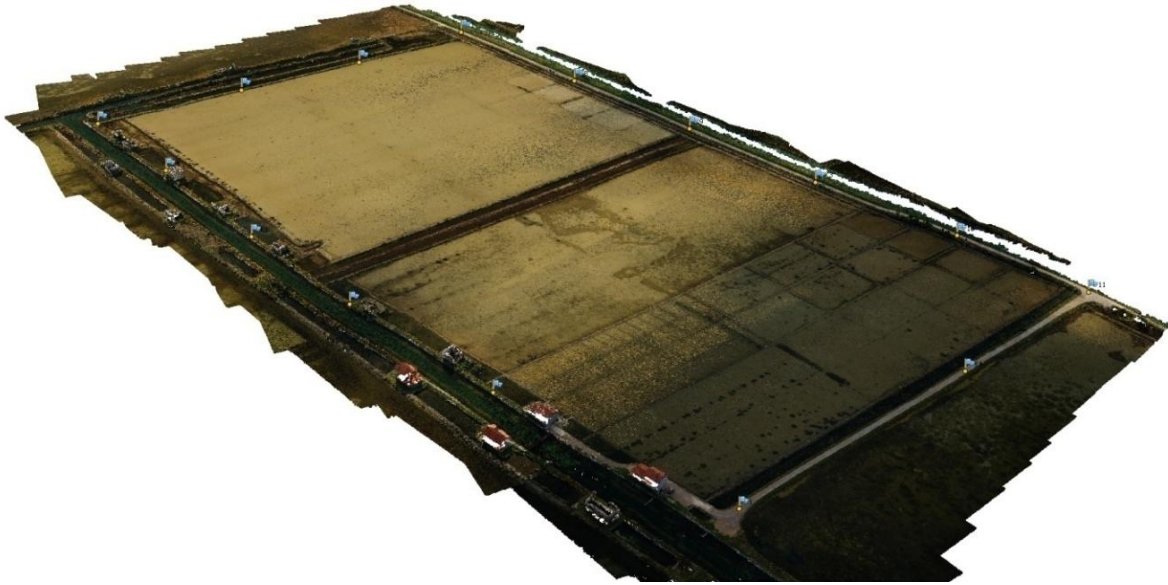
3.4.4 Gosti oblak točk

Kakovost obdelave gostega oblaka točk lahko v programu izbiramo s petimi stopnjami. Najboljša kvaliteta (angl. ultra high) obdeluje fotografije originalnih velikosti, vsaka manjša stopnja kvalitete pa zmanjša velikost fotografij pri obdelavi za faktor 4 (2 kratno za vsako stranico). V našem primeru smo zaradi slabše zmogljivosti namiznega računalnika izbrali drugo najboljšo stopnjo obdelave.

Zaradi nekaterih dejavnikov, kot so slaba tekstura objektov na površju ali slabo izostrene fotografije, se lahko pojavijo med točkami osamelci. To so osamele točke, ki ležijo daleč od površja in motijo postopek rekonstrukcije. Program z vgrajenimi filtrirnimi algoritmi omogoča izbiro med tremi načini filtriranja fotografij.

Če je geometrija površine kompleksna in s številnimi majhnimi podrobnostmi v ospredju, izberemo blago (angl. mild) filtriranje. Tako se pomembne značilnosti ne izločijo iz obdelave. Če vsebina površine ne vsebuje pomembnih majhnih podrobnosti, je smiselno uporabiti agresivni način (angl. aggressive) filtriranja, kjer se izloči večino osamelcev. Zmerni (angl. moderate) pa je vmesen način filtriranja fotografij med že omenjenima.

Program je izdelal 118.072.689 točk gostega oblaka.

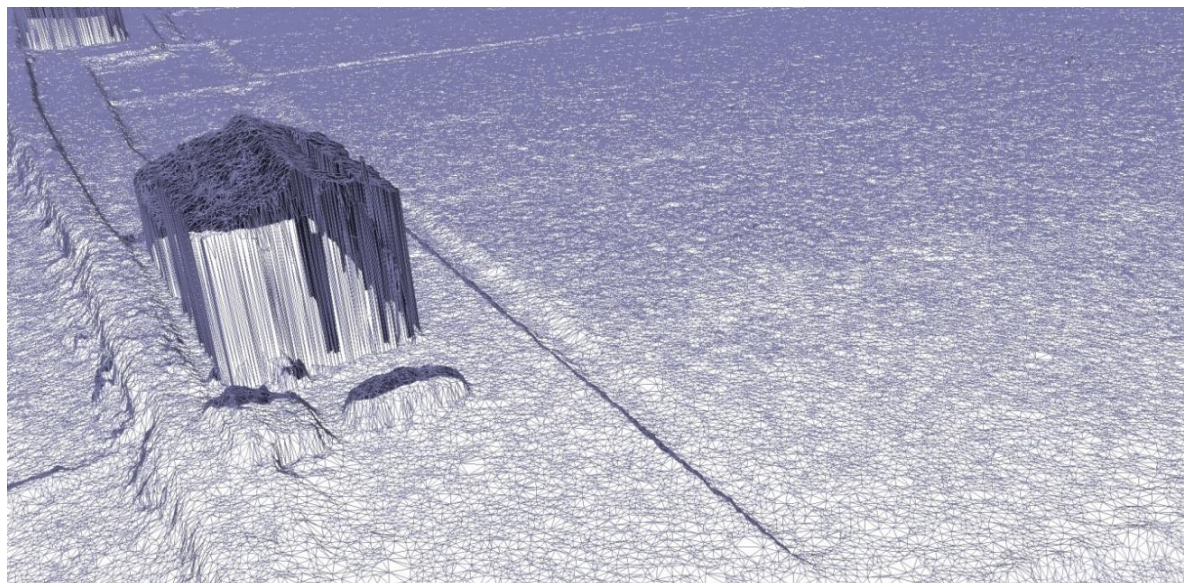


Slika 13: Prikaz izdelanega gostega oblaka točk

3.4.5 Izgradnja 3D modela in nepravilne trikotniške mreže

Po pridobljenem oblaku točk se usmerimo v izdelavo 3D modela (angl. mesh), kjer nam program ustvari nepravilno trikotniško mrežo (angl. triangulated irregular network, TIN) s pripadajočimi vozlišči. Program omogoča več načinov rekonstrukcije in nastavitvev, ki nam omogočajo optimalno obdelavo za določen nabor podatkov. Glavni dve nastavitvi sta določitev tipa površja in največjega števila trikotnikov v mreži.

Za tip površja lahko izberemo arbitrarni (angl. arbitrary) način, ki se uporablja za modeliranje raznih vrst objektov, kot so hiše ali kipi, ali način, ki je v programu napisan kot (angl.) height field in se uporablja pri modeliranju površja iz bližnjelikovnih aeroposnetkov in zaradi manjše zahteve pomnilnika omogoča obdelavo večjih količin podatkov. Nastavitev največjega števila trikotnikov je lahko poljubna vrednost ali predlagana oziroma z določenim razmerjem v programu prednastavljena (število trikotnikov je izračunano glede na število točk v predhodno izdelanem gostem oblaku). V našem konkretnem primeru smo izbrali najvišjo predlagano vrednost, program pa je na ta način izdelal 23.631.567 trikotnikov in 11.823.134 vozlišč.



Slika 14: Prikaz odseka izdelane nepravilne trikotniške mreže

3.4.6 Izgradnja teksture za 3D model

Ta korak obdelave nam pri izdelovanju ortofota ni potrebno izvajati ločeno, ker ga program ponovno izvede pri izdelavi ortofota. Pravilna izbira teksturne preslikave na 3D površje omogoča izboljšanje vizualne kakovosti končnega modela. Pri izdelavi končnega izdelka smo izbrali ortofoto način teksturne preslikave, kateri je opisan v naslednjem odstavku.

Program omogoča naslednje načine za izgradnjo teksture:

- generičen (angl. generic) način izdelave nima nobene predpostavke glede vrste površja, ki se obdeluje in poskuša ustvariti čim bolj enotno teksturo,
- prilagodljiv (angl. adaptive) način razdeli površje na ravninske in vertikalne regije, kjer so ravninski deli površja teksturirani v ortogonalni projekciji, medtem ko so vertikalni deli (npr. fasade hiš) obdelani ločeno,
- ortofoto (angl. orthophoto) način izdelava teksturo za celotno območje v ortogonalni projekciji. Proizvede bolj kompaktno teksturno zastopanost kot prilagodljiv način, vendar na račun kakovosti izdelane teksture v vertikalnih delih območja,
- sferični (angl. spherical) način je primeren le za predmete okroglih oblik.

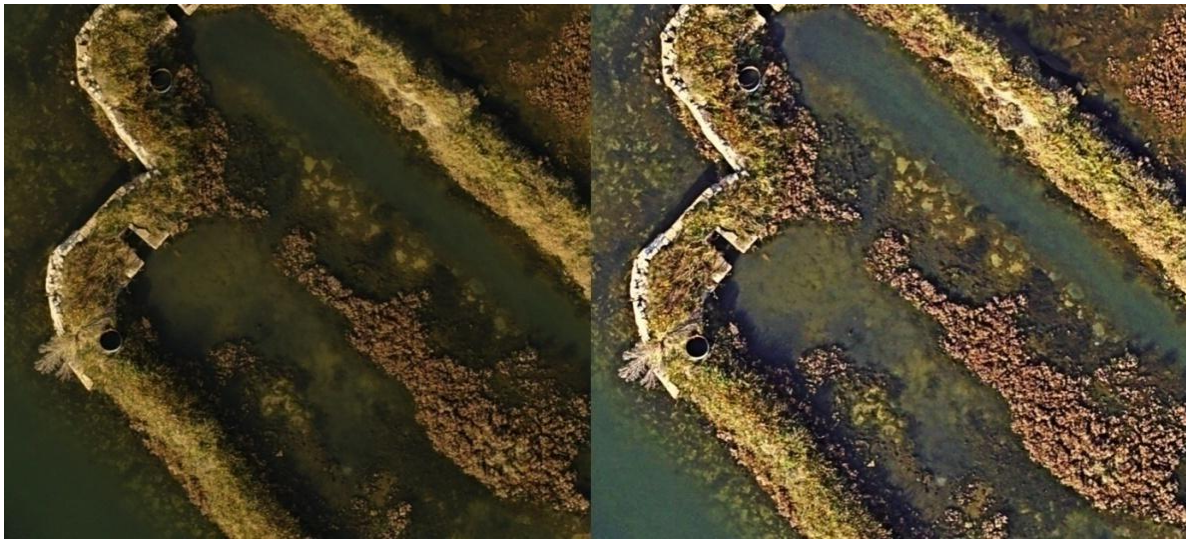
Vpliv na kakovost končnega izdelka ima tudi pravilna izbira parametrov za izdelavo teksture. Za način izbire vrednosti pikslov iz različnih fotografij za posamezno točko, je pri izdelavi ortofota najboljša metoda mozaika (angl. mosaic). Ta metoda določi vsaki točki vrednost piksla, ki je najbližji središču najustreznejše fotografije in je bila v diplomski nalogi tudi uporabljena.

3.4.7 Končni izdelek

Za izdelavo in izvoz georeferenciranega ortofota je potrebno izbrati ustrezen koordinatni sistem modela in pravilno metodo izdelave teksture (poglavje 3.4.6). Po potrebi lahko ortofoto razdelimo na več posameznih blokov poljubne velikosti izražene v slikovnih točkah, ali mu spremenimo ločljivost, če je za nadaljnjo obdelavo to smotno. Program omogoča tudi izdelavo ortofota določenega območja, ki ga omejimo s koordinatami točk.

Prostorska ločljivost je razdalja pri kateri sosednja predmeta na podobi še lahko ločimo med seboj in je odvisna od velikosti in ločljivosti slikovnega sensorja, goriščne razdalje objektiva ter višine leta. Predstavlja velikost najmanjšega predmeta, ki ga na podobi zaznamo [13], in v našem primeru znaša 2,6 cm/slikovno točko.

Končni ortofoto smo s pomočjo profesionalnega fotografa tudi neselektivno obdelali (slika 15). Postopek nam je omogočil pridobitev boljše preglednosti, večjega števila podrobnosti in ostrine. Povečava dinamičnega razpona oziroma korekcija podosvetljenih ali preosvetljenih delov ortofota nam je omogočila izenačitev osvetljenosti v določenih območjih. Povečal se je tudi barvni razpon po posameznem barvnem spektru. Boljšo izostrenost podrobnosti na ortofotu pa smo dosegli s povečanim kontrastom pri prehodu iz temnih delov v svetle.



Slika 15: Primerjava med izvoženim ortofotom iz programa (levo) in neselektivno obdelanim (desno)

4 VPLIVI NA KAKOVOST IN OCENA KONČNEGA IZDELKA

Za kontrolo položajne točnosti ortofota površine 27,5 hektarja smo uporabili štiri kontrolne točke (slika 9). Primerjava izmerjenih koordinat na terenu, ki jih smatramo kot prave vrednosti in odčitanih koordinat iz izdelanega ortofota, je podana v preglednici 1. Kot je iz nje razvidno ima točka K3 največje odstopanje in sumimo, da je k večjemu odstopanju botroval vpliv razlike v osvetljenosti (poglavje 4.2) posameznih posnetkov. Potemtakem lahko sklepamo, da so celotni pasovi, kjer je prisotna razlika v osvetljenosti, slabše definirani.

Preglednica 1: Koordinate in odstopanje kontrolnih točk v koordinatnem sistemu D48/GK

Točka	Izmerjene koordinate		Odčitane koordinate		Odstopanja kontrolnih točk	
	Y (m)	X (m)	Y (m)	X(m)	$\Delta Y(m)$	$\Delta X(m)$
K1	390.663,10	37.637,40	390.663,08	37.637,44	0,02	-0,04
K2	390.645,53	37.358,71	390.645,50	37.358,65	0,03	0,06
K3	390.306,03	37.529,32	390.306,11	37.529,25	-0,08	0,07
K4	390.266,52	37.741,30	390.266,51	37.741,26	0,01	0,04

4.1 Terenske omejitve

Na terenu smo bili omejeni predvsem z nedostopnimi solinskimi bazeni, ki so bili poplavljeni z nekaj centimetri vode in nam tako onemogočili postavitve tarč v notranjost obravnavanega območja. To bi pripomoglo k boljši obdelavi, natančnosti in kontroli končnega izdelka. Vodna (poplavljena) območja so bila položajno slabše določena kot kopni predeli, zaradi določenih lastnosti loma svetlobe v vodi. Pri prehodu svetlobe iz zraka v vodo se svetloba lomi, zato spreminja videz oblik, ustvarja deformacije na morskem dnu in spreminja občutek razdalje. Do tega pride zaradi počasnejšega potovanja svetlobe v vodi kot v zraku [14].

4.2 Vremenski vplivi

Velik vpliv na vsebinsko kakovost fotografij in posledično na ortofoto ima tudi vreme. Če je ozračje zelo vetrovno, se lahko zgodi, da so zaradi večjih tresljajev v času proženja fotoaparata posnetki zamegljeni. Če je vreme nestanovitno oziroma hitro spremenljivo, se lahko posnetki za podobno lokacijo med seboj razlikujejo v osvetljenosti. Ta pa vpliva na izdelavo oblaka točk, saj ima vsaka točka tudi določene barvne vrednosti (za vsak barvni - RGB kanal posebej) in pri takih odsekih lahko povzroči neskladje ali luknjo v podatkih. Razlika v osvetljenosti je vidna na sliki 9 pri prehodu iz desnega roba ortofota proti levemu.

4.3 Prečni in vzdolžni preklop

Odstotek prečnega in vzdolžnega preklopa posnetkov vpliva na gostoto (število točk na površinsko enoto) izdelanega oblaka točk. Ker smo nekoliko slabše ocenili potrebni preklop na skrajnih robovih obravnavanega območja (prekratka pot letenja brezpilotnega letalnika izven obravnavanega območja), so se nam pojavili zamegljeni deli. To je bila posledica manjšega števila posnetkov in zamegljenosti nekaterih posnetkov.



Slika 16: Območje zamegljenih odsekov (znotraj rdeče označenega območja)

4.4 Izboljšava končnega izdelka

Ortofoto, izdelan iz bližnjefotogrametričnih aerofotogrametriskih posnetkov v programu Agisoft Photoscan Pro, je dosegel precej boljšo prostorsko ločljivost kot jo sicer ima državnim ortofoto. Če jih med seboj primerjamo (slika 17), vidimo, da se zaradi slabše prostorske ločljivosti na državnem ortofotu raznolikosti v vegetaciji skoraj ne ločijo. Za naročnikove potrebe je bila vrednost dodatne neselektivne obdelave podatkov toliko večja, ker jim je omogočila še boljše prepoznavanje posameznih rastlinskih vrst in je pripomogla k osvetlitvi temnejših delov (opisano v poglavju 3.4.7).



Slika 17: Primerjava državnega (DOF025) in našega ortofota

5 ZAKLJUČEK

Diplomska naloga opisuje postopke izdelave ortofota od priprave na terensko delo, zajema aeroposnetkov, obdelave in do končne analize pridobljenih podatkov. V samo upravljanje brezpilotnega letalnika se v nalogi nismo poglobljali, ker ima vsak svoje značilnosti, ki so odvisne od sestave letalnika, programskega in navigacijskega sistema. Kljub avtonomnem delovanju sistema od vzleta do pristanka je potrebno poudariti, da se je zaradi varnosti in možnosti odpovedi sistema zaradi določenih motenj potrebno naučiti ročno upravljati brezpilotni letalnik, ko ta ni v avtopilotnem načinu, da ga v takih primerih varno pripeljemo k tlom.

Zaradi dokaj velikega obravnavanega območja smo pridobili veliko količino podatkov. Za njihovo obdelavo potrebujemo zmogljivo strojno opremo. Zmogljivost računalnikov naj bo podrejena potrebam uporabljenih programskih orodij, saj programi kot so Agisoft, Pix4D, 3DSurvey uporabljajo pri posameznih korakih obdelave različne značilnosti računalnika (zmogljivost procesorjev, velikost delovnega pomnilnika, število grafičnih procesnih enot).

Končni ortofoto bi se po našem mnenju lahko še izboljšal. Prostorsko ločljivost bi izboljšali z nižjo višino letenja. Območje bi preleteli v stanovitnih vremenskih razmerah tako, da ne bi prišlo do spreminjanja svetlobe med posnetki in nezaželenih tresljajev zaradi sunkov vetra. Zamegljene predele bi bilo možno odpraviti tako, da bi zajeli aeroposnetke z večjim vzdolžnim in prečnim preklopom ali s kontrolo kakovosti zajetih aeroposnetkov na terenu. Položajna točnost bi se lahko izboljšala z natančnejšo določitvijo koordinat, z večjim številom in boljšo razporejenost oslonilnih točk po celotnem območju (postavitve terenskih točk v notranjost solnih bazenov v času, ko niso poplavljeni). Vprašanje pa je, če bi tak izdelek bistveno več prispeval pri nadaljnjemu raziskovanju končnega uporabnika.

Z izdelavo tega ortofota smo naročniku omogočili nov način raziskovanja, spremljanja in prepoznavanja posameznih rastlinskih vrst slanoljubne vegetacije. Z drugimi senzorji za zajem prostorskih podatkov kot so multispektralna, infrardeča in toplotna kamera bi dodatno obogatili nabor zajetih podatkov in s tem pripomogli k še boljšemu razumevanju dinamike in razvoja vegetacije na tem območju.

VIRI

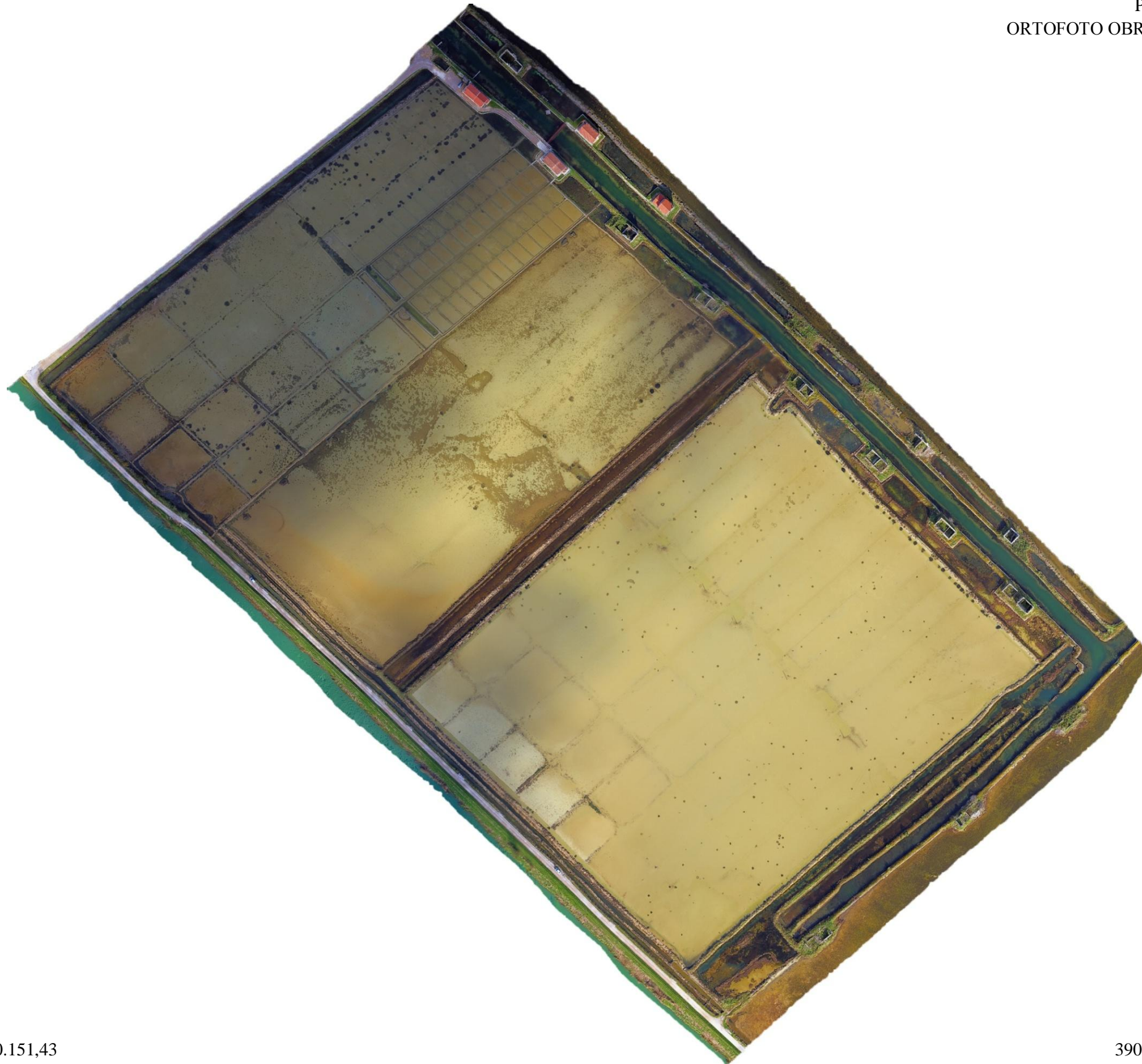
- [1] Prostor – prostorski portal. 2015.
http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/topografski_in_kartografski_podatki/ortofoto/ (Pridobljeno 27. 3. 2015.)
- [2] Bric, V., Grigillo, D., Kosmatin Fras, M. 2007. Fotogrametrija. Programska zasnova in priprava gradiv za izvedbo strokovnega dela izpita iz geodetske stroke. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije, Matična sekcija geodetov: 21 f.
- [3] Kosmatin Fras, M. 2009. Digitalni ortofoto. Prosojnice pri predmetu fotogrametrija na fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani: loč. pag.
- [4] Kosmatin Fras, M. 2004. Vpliv kakovosti vhodnih podatkov na kakovost ortofota. Geodetski vestnik 48, 2: 167-178.
- [5] Bitenc, M. 2014. Brezpilotni letalniki – od igrače do večnamenskih robotov. Geodetski vestnik 58, 1: 155-158.
- [6] Build your own drone. 2015.
<http://www.buildyourowndrone.co.uk/dji-wookong-m-multi-rotor-controller.html>
(Pridobljeno 27. 3. 2015.)
- [7] Multi rotor technology. 2015.
<http://www.gauimrt.com/category/products/> (Pridobljeno 27. 3. 2015.)
- [8] Navodila Photoscan v1.1.2014. Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition (Version 1.1). Agisoft LLC.
<http://www.agisoft.com/downloads/user-manuals/> (Pridobljeno 27. 3. 2015.)
- [9] Krajinski park Sečoveljske soline. 2015.
<http://www.kpss.si/> (Pridobljeno 27. 3. 2015.)
- [10] Ivajnsič, D. 2015. Spremljanje rastlinskih habitatov v krajinskem parku Sečoveljske soline. Osebna komunikacija. (19. 3. 2015.)
- [11] Jadrarno padalski portal. 2015.
http://www.bogvetra.com/?p=tek_airspace (Pridobljeno 27. 3. 2015.)
- [12] Vodnik Photoscan v1.1.2014. Orthophoto and DEM generation with Agisoft Photoscan Pro 1.1 (with GCP). Agisoft LLC.
<http://www.agisoft.com/support/tutorials/beginner-level/> (Pridobljeno 27. 3. 2015.)
- [13] Oštir, K. 2006. Daljinsko zaznavanje. Ljubljana, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU: 250 str.
- [14] Lom svetlobe. 2015.
http://sl.wikipedia.org/wiki/Lom_svetlobe (Pridobljeno 27. 3. 2015.)

SEZNAM PRILOGE

PRILOGA A: ORTOFOTO OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

X (m)
37.889,53

PRILOGA A:
ORTOFOTO OBRAVNAVANEGA OBMOČJA



37.234,89
390.151,43

390.854,72
Y (m)