

Specifikacija proizvoda

HIPERSPEKTRALNO ZRAČNO SNIMANJE



Sveučilište u Zagrebu
GEODETSKI FAKULTET



Europska unija
Zajedno do fondova EU



EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI



Operativni program
KONKURENTNOST
I KOHEZIJA

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

NAKLADNIK

Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

ZA NAKLADNIKA

prof. dr. sc. Mladen Zrinjski, dipl. ing. geod.

UREDNICI

dr. sc. Luka Babić, dipl. ing. geod.
dr. sc. Iva Odak, dipl. ing. geod.
doc. dr. sc. Vanja Miljković, dipl. ing. geod.
izv. prof. Andrija Krtalić, dipl. ing. geod.
prof. dr. sc. Damir Medak, dipl. ing. geod.

TEHNIČKI UREDNIK

Ana Mihoković, mag. ing. geod. et geoinf.

DIZAJN I GRAFIČKA PRIPREMA

K&K PROMOCIJA d.o.o.

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

*Ovaj priručnik izrađen je u okviru projekta Multisenzorsko zračno snimanje
Republike Hrvatske za potrebe procjene smanjenja rizika od katastrofa.*

SADRŽAJ

1. Općeniti prikaz dokumenta	5
1.1. Terminologija	5
1.2. Skraćenice	8
1.3. Opće informacije	10
1.4. Opis projekta	10
1.5. Područje primjene podataka hiperspektralnog snimanja	12
1.3. Relevantni službeni dokumenti Republike Hrvatske	14
2. Primarni zahtjevi	15
2.1. Referentni koordinatni sustavi	15
2.1.1. Položajni datum	15
2.1.2. Visinski datum	16
2.1.3. Ravninska kartografska projekcija	16
2.2. Oznake položajnog i visinskog referentnog koordinatnog sustava	16
2.2. Podjele i slovnobrojčane oznake listova	17
3. Snimanje iz zraka	17
3.1. Oprema i instrumenti	17
3.1.1. Letjelica	17
3.1.2. Integrirani sustav GNSS-a s inercijalnim mjernim sustavom (GNSS/INS)	18
3.1.3. Hiperspektralne kamere	19
3.1.4. RGB aerofotogrametrijske kamere/LiDAR skener	19
3.1.5. Termalna kamera	19
3.2. Kalibracija sustava za hiperspektralno snimanje	20
3.2.1. Kalibracija RGB aerofotogrametrijske kamere/LiDAR skenera	20
3.2.2. Kalibracija hiperspektralnih sustava	20
3.2.3. Kalibracija termalne kamere	22

3.3. Planiranje snimanja iz zraka	24
3.3.1. Projekt zračnog snimanja hiperspektralnim sustavom	24
3.3.2. Elementi za planiranje snimanja iz zraka	25
3.4. Zahtjevi ostvarenog snimanja iz zraka	26
3.4.1. Uvjeti snimanja	26
3.4.2. Preklop između nizova	27
3.4.3. Smjer leta	27
3.4.4. Identifikacija niza	27
3.4.5. Visina leta	28
3.4.6. Vrijeme snimanja	28
3.4.7. Atmosferski uvjeti za snimanje iz zraka hiperspektralnim kamerama	28
3.4.8. Iznimke	29
3.5. Točnost	30
3.6. Isporuka rezultata snimanja iz zraka	30
4. Obrada podataka	31
4.1. Obrada hiperspektralnih snimaka	31
4.1.1. Prevođenje sirovih podataka u radijancu	31
4.1.2. Ortorektifikacija	32
4.1.3. Atmosferska korekcija	32
4.1.4. Mozaiciranje i podjela na listove	32
4.2. Obrada termalnih snimaka	33
5. Kontrola kvalitete	34
5.1. Kontrola kvalitete izvoditelja	34
5.2. Kontrola kvalitete i uvjeti prihvatljivosti naručitelja	34
6. Isporuka	35
6.1. Podaci za isporuku	35
6.1.1. Dokumenti i izvješća vezani uz isporuku podataka	35
6.1.2. Format podataka	35
6.1.3. Struktura direktorija za isporuku	36

1. OPĆENITI PRIKAZ DOKUMENTA

1.1. Terminologija

Postprocesiranje snimaka	Naknadna obrada digitalnih snimaka radi uklanjanja geometrijskih deformacija kako bi se mogli isporučiti u zahtjevanom formatu (RGB, VNIR, SWIR).
Binning	"Binning" se može opisati kao proces grupiranja ili prilagođavanja podataka kako bi se postigla određena željena rezolucija ili karakteristike slike. U kontekstu hiperspektralnih snimaka, to uključuje spektralno i prostorno prilagođavanje sirovih podataka za daljnju obradu.
Boresight kalibracija	Kutna orijentacija senzora u odnosu na referentnu os letjelice. Ovaj kut definira smjer u kojem senzor gleda ili bilježi podatke.
Geoid	Nivo ploha potencijala vanjskog polja sile teže koja najbolje aproksimira srednju razinu mora.
Grid setovi podataka	Setovi podataka organizirani u obliku rešetke ili mreže, gdje su podaci raspoređeni u redove i stupce kako bi se stvorila struktura s definiranom spektralnom i/ili prostornom razlučivošću odnosno rasporedom.
Hiperspektralna kocka	Rezultat hiperspektralnog snimanja nakon provođenja atmosferske korekcije.

Keystone efekt	Neslaganje između pojedinih spektralnih kanala ili pojaseva. Rezultira nedosljednošću u registraciji spektralnih podataka tako da pojedini spektralni kanali ili rasponi nisu precizno poravnati jedan s drugim.
Piksel	Najmanji slikovni element (eng. pixel – picture element).
Prostorna rezolucija	Prostorna rezolucija odnosi se na mjerilo ili veličinu najmanje jedinice slike koja može razlikovati objekte ili mjeru najmanje kutne ili linearne udaljenosti za prepoznavanje susjednih objekata na slici. Kada se snima tlo, naziva se i razlučivost tla, što je minimalna udaljenost od tla ili minimalna veličina mete koju slika može identificirati. Karakterizira ju sposobnost identificiranja i dijeljenja dva bliska objekta na slici, također poznata kao rezolucija slike ili rezolucija.
Radiometrijska rezolucija	Radiometrijska rezolucija, koja predstavlja najmanju razliku u iznosu elektromagnetskog zračenja detektiranog senzorom, ukazuje na preciznost razlikovanja signala primljenih od senzora. Ta rezolucija ovisi o tehničkim značajkama senzora i analognog-digitalnog konvertora.
Rektifikacija	Prevođenje snimaka iz centralne pozicije u ortogonalnu projekciju.
Signalizacija	Vidljivi signali (bijeleske oznake) koji se postavljaju na orijentacijske točke uoči snimanja da omoguće njihovu identifikaciju na snimcima.
Smile efekt	Pomak u valnoj duljini unutar spektralnog područja. Ovo svojstvo manifestira pomicanje središnje valne duljine pojedinih spektralnih kanala ili pojaseva u hiperspektralnim podacima.

Spectral band	Spektralni kanal ili raspon.
Spektralna rezolucija	Spektralna rezolucija određuje specifične intervale valnih duljina unutar elektromagnetskog spektra, što predstavlja širinu spektralnih kanala koje može detektirati hiperspektralni sustav. Ova rezolucija pokazuje opseg spektra koji senzor može obuhvatiti i koliko kanala može zabilježiti. U procesu klasifikacije, idealno je da senzor ima uske spektralne kanale, ali istovremeno velik broj kanala, kako bi obuhvatio sve dijelove spektra.
Vremenska rezolucija	Vremenska rezolucija se odnosi na vrijeme, tj. izražava se vremenom između dva uzastopna snimanja istog područja.

1.2. Skraćenice

AS	Aerosnimanje
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
AT	Aerotriangulacija
BRDF	Bidirectional Reflectance Distribution Function
BSQ	Band sequential; metoda kodiranja stvarnih vrijednosti piksela slike u datoteci
CIR	Color infrared
CROPOS	CROatian POsitioning System
CROTIS	Hrvatski topografski informacijski sustav
DGN	Design file-Bentley Systems, Microstation i Intergraph-ovi CAD datotečni format
DGU	Državna geodetska uprava Republike Hrvatske
DMP	Digitalni model površina
DMR	Digitalni model reljefa
DN	Digital Number
DOF	Digitalni ortofoto
DWG	Drawing file; format datoteke
ETRS89	Europski terestrički referentni sustav (1989)
FOV	Field of View
GCP	Orijentacijska točka (eng. Ground Control Point)
GNSS	Globalni navigacijski satelitski sustavi (GPS, GLONASS, GALILEO...)
GNSS/INS	Global Navigation Satellite System / Inertial Navigation System
GPS/IMU	Global Positioning System/Inertial Measurement Unit
GRS80	Geodetski referentni sustav 1980 definiran globalnim referentnim

	elipsoidom i modelom gravitacijskog polja
GSD	Prostorna veličina slikovnog elementa na terenu, osnovni je faktor kojim je definirana točnost snimanja iz zraka digitalnom kamerom (eng. Ground Sampling Distance)
HSI	HyperSpectral Imaging – hiperspektralno snimanje
HTRS96	Hrvatski terestrički referentni sustav za epohu 1995.55 je položajni referentni koordinatni sustav Republike Hrvatske
HTRS96/TM	Projekcijski koordinatni sustav poprečne Mercatorove projekcije
HVRS71	Hrvatski visinski referentni sustav 1971
ID	Identifikacijski broj niza
INS	Inercijalni navigacijski sustav
KT	Kontrolna točka
LAS	LASer file, nekomprimirani razmjenski format za LiDAR podatke
LAZ	LASzip file, komprimirani razmjenski format za LiDAR podatke
LiDAR	Light Detection and Ranging
LWIR	LongWave InfraRed
MWIR	MidWave InfraRed
OT	Orijentacijska točka
RGB	Red Green Blue; model boja
RH	Republika Hrvatska
SHP	Shapefile vektorski format
SWIR	Short-wave Infrared
TIFF	Tagged Image File Format
TM	Transverse Mercator
VNIR	Visible Near Infrared

1.3. Opće informacije

Ova specifikacija izrađena je u okviru projekta „Multisenzorsko zračno snimanje Republike Hrvatske za potrebe procjene smanjenja rizika od katastrofa“ (KK.05.2.1.10.0001) koji se provodi u sklopu Operativnog programa "Konkurentnost i kohezija 2014.-2020" (OPKK, prioritetne osi 5 "Klimatske promjene i upravljanje rizicima", specifičnog cilja 5b1 "Jačanje sustava upravljanja katastrofama").

Svrha ovog dokumenta je pružiti detaljne informacije o zahtjevima i tehničkim specifikacijama za potrebe hiperspektralnog zračnog snimanja. Cilj je osigurati visoku kvalitetu podataka dobivenih koridornim zračnim snimanjem. Specifikacije proizvoda definiraju procese prikupljanja i obrade podataka, proizvode koridornog hiperspektralnog snimanja, te proces proizvodnje i kontrolu kvalitete.

Dokument detaljno opisuje zahtjeve i tehničke specifikacije za hiperspektralno zračno snimanje, te osigurava usklađenost prikupljenih izvornih podataka, uključujući podatke, metapodatke, opisnu dokumentaciju i prateće informacije, s preporučenim parametrima. Područje obuhvata zadatka se definira ugovorom i projektnim zadatkom.

1.4. Opis projekta

Projekt „Multisenzorsko zračno snimanje Republike Hrvatske za potrebe procjene smanjenja rizika od katastrofa“ (dalje u tekstu: Projekt) obuhvaća prikupljanje i analizu odgovarajuće razine prostornih podataka u svrhu modeliranja rizika na području Republike Hrvatske. Kopnena površina RH iznosi 56.594 km².

Projekt obuhvaća aerofotogrametrijsko snimanje i zračno LiDAR snimanje cijele Republike Hrvatske, koridorno zračno LiDAR snimanje nasipa te hiperspektralno zračno snimanje koridora rijeka: Kupa, Sava, Drava i Dunav.

Za područje zadatka potrebno je obaviti i isporučiti:

- orijentirane zračne snimke ili LiDAR podatke
- podatke aerotriangulacije
- DMR (digitalni model reljefa) i/ili DMP (digitalni model površina) grid setove podataka dobivene iz aerofotogrametrijskih snimki ili klasificiranih LiDAR podataka
- DOF (digitalne ortofoto karte) sukladno projektnom zadatku ako je korištena kamera kao senzor uz hiperspektralne kamere koje su izrađene iz aerofotogrametrijskog snimanja za odgovarajuće područje izvješća, dokumentaciju i rezultate kontrole kvalitete.

Na temelju podataka dobivenih LiDAR snimanjem bit će izrađen digitalni model reljefa (DMR) veće točnosti, prostorne razlučivosti i pouzdanosti od postojećeg državnog DMR-a izrađenog klasičnim fotogrametrijskim metodama. Podaci koji se dobiju snimanjem bit će analizirani i koristit će se kao podloge za izradu analiza rizika od katastrofa, primarno potresa i poplava, s obzirom na to da je utvrđeno da je točnost izrađenih modela direktno ovisna o kvaliteti i točnosti dostupnih prostornih podataka. U okviru projekta svi dobiveni podaci (uz iznimku klasificiranih podataka), nakon provedene analize (obrade), bit će postavljeni na WEB-GIS portal te dostupni svima.

Kao pilot područje za provođenje detaljnijih mjera odnosno primjene dobivenih podataka u svrhu adresiranja rizika od potresa odabran je grad Zagreb. Područje grada Zagreba čini značajan dio Republike Hrvatske po koncentraciji stanovništva i gospodarstvu, a ujedno se nalazi na izrazito seizmički aktivnom području. Također, jedina do sada provedena analiza potresnog rizika za grad Zagreb provedena je prije 30 godina te se podaci ne mogu smatrati upotrebljivima zbog izmjena u strukturi građevina, intenzivnoj gradnji i novim znanstvenim spoznajama u polju seizmologije.

Kroz projekt će se izraditi metodologija za procjenu potresnog rizika primjenjiva na sve velike gradove u Republici Hrvatskoj. Glavne ciljne skupine i korisnici rezultata ovog projekta su tijela državne uprave, jedinice lokalne samouprave, organizacije i pravna tijela odgovorna za upravljanje rizicima, odnosno katastrofama.

Kao pilot područje za izradu specifikacija za hiperspektralno snimanje odabrani su koridori rijeka Kupe, Save, Drave i Dunava. Četiri navedene rijeke su rijeke s najdužim tokom kroz Republiku Hrvatsku te rijeke koje su povijesno uzrokovale najveće poplavne katastrofe. Procedure i podaci prikupljeni kroz Projekt su osnova za izradu dokumenta „Specifikacije za hiperspektralno snimanje“.

Cilj ovog Projekta je osigurati homogene podloge utemeljene na prostornim podacima visoke kvalitete, koje će služiti kao osnova za modeliranje i procjenu rizika od katastrofa.

1.5. Područje primjene podataka hiperspektralnog snimanja

Hiperspektralno snimanje je postupak prikupljanja hiperspektralnih podataka odnosno snimki. Tehnikom hiperspektralnog snimanja prikupljaju se podaci širokog područja svjetlosnog spektra s uskim rasponom valnih duljina za svaki piksel. Hiperspektralnim snimanjem prikupljaju se najčešće podaci o valnim duljinama od 400 – 2500 nm spektralne rezolucije 2-6 nm, a konačni rezultat naziva se hiperspektralna kocka.

Hiperspektralna kocka omogućuje izrade analiza i detekcije koje nije moguće napraviti korištenjem podataka RGB kamera ili multispektralnih kamera. Hiperspektralni snimci se koriste u raznim industrijama kao što su:

- precizna agronomija
- geologija
- šumarstvo
- industrija hrane
- biotehnologija
- medicina
- praćenje promjena u okolišu i dr.

Zbog svojih svojstava i vrste analiza koje se mogu izraditi, primjenjuju se i u smanjenu rizika od katastrofa.

Za Republiku Hrvatsku izrađen je dokument “Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku” u kojemu su analizirane razne katastrofe koje se mogu dogoditi na teritoriju RH (Tablica 1). Na popisu katastrofa iz Dokumenta nalaze se:

Tablica 1.

Scenarij	Najvjerojatniji scenarij	Najgori mogući scenarij	Vrednovanje
Poplave izazvane izlivanjem kopnenih vodenih tijela	Vrlo visok rizik	Visok rizik	7
Potres	Visok rizik	Umjeren rizik	5
Požari otvorenog tipa	Umjeren rizik	Visok rizik	5
Klizišta	Visok rizik	Visok rizik	6
Ekstremne temperature	Umjeren rizik	Umjeren rizik	4
Epidemije i pandemije	Visok rizik	Umjeren rizik	4
Snijeg i led	Nizak rizik	Visok rizik	4
Nuklearne nesreće	Umjeren rizik	Umjeren rizik	4
Radiološke nesreće	Nizak rizik	Umjeren rizik	3
Industrijske nesreće	Nizak rizik	Umjeren rizik	3

Suša	Nizak rizik	Umjeren rizik	3
Onečišćenje mora	Nizak rizik	Umjeren rizik	3
Bolesti bilja	Nizak rizik	Nizak rizik	2
Bolesti životinja	Nizak rizik	Nizak rizik	2
Zaslanjenost kopna	Nizak rizik	Nizak rizik	2

Hiperspektralne snimke moguće je koristiti za potrebe procjene rizika od katastrofa ili detekciju obuhvata zahvaćenog područja u slučaju nastalih događaja kao što su: poplave, požari, snijeg i led, industrijske nesreće, suša, onečišćenje mora, bolesti bilja ili zaslanjenost kopna.

Podatke hiperspektralnog snimanja moguće je nadopuniti i podacima termalnih snimaka srednjih (3-7 μm) i/ili dugih (7-14 μm) elektromagnetskih valnih raspona.

1.6. Relevantni službeni dokumenti Republike Hrvatske

Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske (Narodne novine, br. 110/2004 i 117/2004) ([Odluka o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske \(nn.hr\)](#))

DGU - Tehničke specifikacije za postupke računanja i podjelu na listove službenih karata i detaljne listove katastarskog plana u kartografskoj projekciji Republike Hrvatske – HTRS96/TM (Državna geodetska uprava, 2009. god.) (Microsoft Word - Tehn_spec_HTRS96TM_v_1.0.doc (gov.hr))

Dokument - Procjena rizika od katastrofa za Republiku Hrvatsku ([Procjena rizika od katastrofa_2019.pdf \(gov.hr\)](#))

DGU – Specifikacija proizvoda - Aerofotogrametrijsko snimanje (Aerofotogrametrijsko snimanje.pdf (gov.hr))

DGU – Specifikacija proizvoda - LiDAR snimanje (LiDAR snimanje iz zraka.pdf (gov.hr))

DGU – Specifikacija proizvoda - Koridorno LiDAR snimanje (Koridorno LiDAR snimanje iz zraka.pdf (gov.hr))

DGU – Specifikacija proizvoda - Snimanje iz zraka i orijentacijske točke verzija 2.1 (SPECIFIKACIJA PROIZVODA (gov.hr))

Strategija upravljanja rizicima od katastrofa do 2030. godine (STRATEGIJA UPRAVLJANJA RIZICIMA OD KATASTROFA do 2030. (gov.hr))

2. PRIMARNI ZAHTJEVI

2.1. Referentni koordinatni sustavi

2.1.1. Položajni datum

Europski terestrički referentni sustav za epohu 1989,0 (European Terrestrial Reference System 1989) – skraćeno ETRS89, je službeni položajni referentni koordinatni sustav Republike Hrvatske.

Elipsoid GRS80 s veličinom velike poluosi $a = 6378137,00$ m i spljoštenošću $\mu = 1/298,257222101$ je službeni matematički model za Zemljino tijelo u Republici Hrvatskoj.

Položajna mreža koju čini 78 osnovnih trajno stabiliziranih geodetskih točaka čije su koordinate određene u ETRS89, je osnova položajnoga referentnoga koordinatnog sustava Republike Hrvatske. Položajnom referentnom koordinatnom sustavu Republike Hrvatske u kojem su koordinate 78 osnovnih geodetskih točaka određene 1996. godine je Hrvatski terestrički referentni sustav za epohu 1995.55 – skraćeno HTRS96.

2.1.2. Visinski datum

Ploha geoida koja je određena srednjom razinom mora na mareografima u Dubrovniku, Splitu, Bakru, Rovinju i Kopru u epohi 1971.5 je referentna ploha za računanje visina u RH.

Visinska mreža koju čine trajno stabilizirani reperi II. nivelmana visoke točnosti čije su visine određene u sustavu (normalnog) Zemljinog polja sile teže, su osnova visinskog referentnog sustava. Visinskom referentnom sustavu RH određenom na temelju srednje razine mora određuje je Hrvatski visinski referentni sustav za epohu 1971.5 – skraćeno HVR571.

2.1.3. Ravninska kartografska projekcija

Koordinatni sustav poprečne Mercatorove (Gauss-Krügerove) projekcije – skraćeno HTRS96/TM, sa srednjim meridijanom 16°30' i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9999 je projekcijski koordinatni sustav RH za područje katastra i detaljne službene državne kartografije.

2.2. Oznake položajnog i visinskog referentnog koordinatnog sustava

Tablica 2. EPSG kod referentnih sustava RH (EPSG Geodetic Parameter Registry, <http://www.epsg-registry.org/>)

Referentni sustav	Naziv	Oznaka	Opis
Visinski	ETRS89 HTRS96	EPSG:4889 HTRS96	Visinski datum, elipsoidne visine
Visinski	HVR571	EPSG:5610 HVR571	Službeni visinski koordinatni sustav u RH, ortometrijske visine
Položajni	HTRS96	EPSG:4761 HTRS96	Službeni položajni koordinatni sustav u RH
Položajni	HTRS96/TM	Visok rizik	6

2.3.Podjele i slovnobrojčane oznake listova

2.4. Podjele i slovnobrojčane oznake listova službenih državnih karata i planova određuju se prema Tehničkim specifikacijama za postupke računanja i podjelu na listove službenih karata i detaljne listove katastarskog plana u kartografskoj projekciji Republike Hrvatske – HTRS96/TM.

3. SNIMANJE IZ ZRAKA

Postupak izvođenja zračnog hiperspektralnog snimanja obuhvaća:

- odgovarajuću opremu i instrumentarij,
- planiranje snimanja, tj. izrada projekta hiperspektralnog snimanja i pripremne radnje prije početka snimanja iz zraka,
- odobrenje za snimanja iz zraka i korištenje zračnih snimaka i podataka snimanja iz zraka,
- ostvareno snimanje iz zraka prema zahtjevima specifikacije,
- obradu prikupljenih podataka i izrada snimaka,
- isporuku rezultata snimanja iz zraka.

3.1. Oprema i instrumenti

3.1.1. Letjelica

Snimanje iz zraka mora se obaviti letjelicom koja ima valjani certifikat za obavljanje radova iz zraka izdan od nadležne institucije (Slika 1). U operativnim specifikacijama letjelice mora biti navedeno da je letjelica certificirana za snimanje iz zraka.



Slika 1 Hiperspektralno snimanje iz zraka,
izvor: Hyperspectral Imaging | Dro-remotesensing.com

3.1.2. Integrirani sustav GNSS-a s inercijalnim mjernim sustavom (GNSS/INS)

Svi zadaci snimanja iz zraka moraju biti podržani uporabom GNSS/INS ili jednako vrijednim sustavom za pozicioniranje. Prilikom snimanja, potrebno je istovremeno zabilježiti GPS vrijeme mjerenja, sve odjeke signala, podatke o geometriji skeniranja te događaje - evente snimanja.

Apsolutne koordinate izmjerene točke na terenu izračunavaju se iz apsolutnog položaja i nagiba dobivenog GNSS/INS sustavom s relativnom udaljenosti i kuta dobivenih LiDAR skenerom. Sva georeferenciranja trebaju biti izvedena u globalnom koordinatnom sustavu koji koristi visokoprecizni GNSS. Inicijalizacija GNSS komponente sustava također je važna za pravilan rad i potrebno je istu provesti neposredno prije polijetanja i u zraku prema tehničkim uputama uređaja. Preračunavanje koordinata u službeni lokalni referentni koordinatni sustav obavlja se kasnije tijekom obrade podataka.

3.1.3. Integrirani sustav GNSS-a s inercijalnim mjernim sustavom (GNSS/INS)

Za snimanje je potrebno koristiti hiperspektralne kamere koje obuhvaćaju spektralni raspon od najmanje 400-2500 nm. Za obuhvat navedenog spektralnog raspona potrebno je koristiti najmanje jednu VNIR kameru (cca 400-1000 nm – vidljivo i blizu infracrveno područje spektra) sa spektralnom razlučivosti boljom od 3.5 nm te najmanje jednu SWIR kameru (cca 930-250 nm – kratkovalno infracrveno područje spektra) sa spektralnom razlučivosti boljom od 6 nm.

3.1.4. Integrirani sustav GNSS-a s inercijalnim mjernim sustavom (GNSS/INS)

Uz hiperspektralne kamere potrebno je obaviti i snimanje korištenjem aerofotogrametrijske RGB kamere ili LiDAR-a. Ovisno o senzoru koji se koristi uz hiperspektralne kamere vrijedi sljedeće:

- aerofotogrametrijsko snimanje treba biti obavljeno kalibriranom aerofotogrametrijskom kamerom sukladno dokumentu specifikacija za Aerofotogrametrijsko snimanje (DGU)
- prikupljanje LiDAR podataka treba biti obavljeno punovalnim (eng. full waveform) ili jednako vrijednim laserskim skenerom
- mora se koristiti laserski skener s pravilnim uzorkom skeniranja, promjer mjesta skeniranja (eng. footprint) ne smije biti veći od 1/2 GSD hiperspektralnog snimanja.

Neovisno koji prateći senzor se koristi, njime se mora osigurati rezolucija snimanja (GSD) dva puta bolja od rezolucije koju ima VNIR kamera prilikom snimanja. Traženom rezolucijom osigurava se mogućnost izrade DMR-a i DMP-a u rezoluciji koja je ista ili veća od rezolucije hiperspektralnih snimaka, što je preduvjet za ispravan izračun atmosferske korekcije neravnog terena koja se traži u poglavlju 4.1.3.

3.1.5. Termalna kamera

Ovisno o svrsi snimanja u sustav je moguće uključiti i termalnu kameru spektralnog područja između 3 i 7 μm (MWIR – MidWave InfraRed) ili 7 i 14 μm (LWIR – LongWave InfraRed). Potrebu uključivanja termalne kamere u hiperspektralni sustav kao i tip kamere koji će se koristiti prilikom snimanja (spektralno područje) mora propisati Naručitelj snimanja.

3.2. Kalibracija sustava za hiperspektralno snimanje

3.2.1. Kalibracija RGB aerofotogrametrijske kamere/LiDAR skenera

Upute za kalibraciju navedenih senzora nalaze se u dokumentima: Specifikacija proizvoda – Aero-fotogrametrijsko snimanje i Specifikacija proizvoda – LiDAR snimanje.

3.2.2. Kalibracija hiperspektralnih sustava

Kalibraciju (umjeravanje) hiperspektralnog sustava u jednom dijelu obavlja proizvođač instrumenta/kamere, a u jednom dijelu izvoditelj. Parametri koji se određuju kalibracijom ovise o proizvođaču i vrsti kamere.

Kalibracija je podijeljena u četiri dijela:

- kalibracija hiperspektralne kamere od strane proizvođača
- kalibracija instalacije hiperspektralne kamere od strane izvoditelja (eng. Lever-arm Offset)
- kalibracija kutne orijentacije senzora (eng. Boresight Calibration) od strane izvoditelja
- dnevna kalibracija

3.2.2.1. Kalibracija hiperspektralne kamere od strane proizvođača

Kalibraciju kamere obavlja proizvođač hiperspektralne kamere. Kalibracija se uobičajeno obavlja u tvornici, ali kalibracija može biti djelomično obavljena i na terenu ukoliko je to potrebno. Frekvencija za kalibraciju instrumenta ovisi o vrsti kamere.

Primjer parametara određenih tijekom kalibracije hiperspektralne kamere:

- prostorna rezolucija
- prostorna neslaganja (eng. Keystone Effect)

- spektralna rezolucija
- spektralna neslaganja (eng. Smile Effect)
- matrica osjetljivosti
- signal/buka (eng. Signal Noise Ratio - SNR)
- učinkovitost zatvora
- loši pikseli (eng. Bad Pixels)
- model senzora (eng. Sensor Model)

3.2.2.2. Kalibracija instalacije hiperspektralne kamere od strane izvođača

Za svaku primjenu sustava mora se obaviti kalibracija instalacije instrumenta uključujući sljedeće parametre:

- udaljenost između GNSS antene i središnje referentne točke (eng. Central Reference Point – CRP) u referentnom sustavu
- instalacija se mora ispitati u zraku kako bi se provjerilo je li kalibracija instalacije ispravna.

Ukoliko to nije zadovoljeno, treba primijeniti korektivne mjere.

Kalibracija instalacije:

- kalibraciju instalacije treba obaviti najmanje jednom godišnje
- kalibraciju instalacije treba obaviti ukoliko se instalacija promijeni
- izvođač treba dokumentirati trenutnu kalibraciju instalacije.

3.2.2.3. Kalibracija kutne orijentacije senzora od strane izvođača

Pravilna kutna orijentacija senzora osigurava točno usmjeravanje senzora prema području koje se snima. Bilo kakva odstupanja u ovom kutu mogu dovesti do netočnosti u snimljenim podacima, što utječe na kvalitetu i točnost georeferenciranja slika.

Postupak kalibracije provodi se nakon postavljanja svih senzora na platformu (GPS, IMU, RGB/LiDAR, hiperspektralna kamera/kamere, termalna kamera) s koje se obavljaju mjerenja (letjelica) te je istu potrebno ponoviti nakon svake aktivnosti pri kojoj je bilo koji od senzora pomaknut sa svog mjesta u sustavu (npr. zamjena senzora, skidanje i ponovo postavljanje senzora zbog kontrole/servisa itd.).

Uobičajeni parametri koji se trebaju odrediti su kutne udaljenosti između različitih koordinatnih sustava pojedinih senzora i parametri korekcije sustava za mjerenje kutova senzora. Kalibracija treba biti obavljena računanjem preostalih kutnih udaljenosti i korekcijskih parametara za senzore koji se koriste. Ukoliko te vrijednosti pokazuju neslaganja, treba primijeniti korektivne mjere.

3.2.2.4. Dnevna kalibracija

Dnevna kalibracija hiperspektralnog sustava za zračno snimanje je proces provjere i podešavanja parametara senzora tijekom leta. Ovaj proces uključuje provjeru saturacije snimaka, što znači da se podaci o zasićenju snimaka prate i analiziraju u stvarnom vremenu dok letjelica leti. Cilj je osigurati da senzor optimalno funkcionira te da se spriječe problemi uzrokovani zasićenjem slika, što može rezultirati gubitkom ili deformacijom podataka. Ova kalibracija omogućuje prilagodbu postavki senzora kako bi se održala visoka kvaliteta snimljenih podataka tijekom zračnog snimanja.

3.2.3. Kalibracija termalne kamere

Snimke u termalnim sensorima nastaju na fizikalno drugačiji način od onih u optičkim sensorima. Svi objekti na sceni apsorbiraju dio elektromagnetskog zračenja i na taj način skladište toplinsku energiju koju nakon toga zrače. Shodno tome, sva tijela na temperaturi višoj od apsolutne nule (-273.15°C) zrače elektromagnetsku energiju. Termalne kamere za zapisivanje informacija (stvaraju slike) o objektima na sceni uglavnom koriste raspon infracrvenog dijela spektra od 3 do $14\text{ }\mu\text{m}$. Termalnim sensorima se 'mjeri' radijalna temperatura objekata (Trad). Radijalna temperatura objekta je temperatura koja se očitava na snimkama. Dok je kinetička temperatura objekta (T_{kin}) ona koja se očitava na termometru kod direktnog mjerenja. Radijalna i kinetička temperatura su povezane relacijom:

$$T_{rad} = e T_{kin}$$

gdje je e emisivnost objekta. Emisivnost ili faktor emisivnosti e je pojam koji predstavlja sposobnost materijala da emitira toplinsko zračenje, a koeficijent emisivnosti je omjer termalne energije koju je tijelo zračilo i one koju je primilo. Da bi se odredila temperatura objekta T_{kin} , potrebno je poznavati vrijednost emisivnosti pojedinog objekta.

Za provođenje kalibracije potrebno je osigurati sljedeće vanjske podatke prostorne distribucije temperature: emisivnost, temperatura okoliša, temperatura atmosfere, udaljenost od kamere do snimanog objekta i relativna vlažnost zraka.

Emisivnost se može izračunati na dva načina:

- na osnovi senzora koji mjeri dolaznu i odlaznu količinu elektromagnetskog zračenja korištenjem posebnih uređaja
- mjerenjem kinetičke temperature objekta od interesa za vrijeme provođenja snimanja i određivanje radijalne temperature.

Za pojedine zadatke (kada nije nužno poznavati emisivnost u apsolutnom iznosu, za određivanje relativnih odnosa objekata na sceni), vrijednost emisivnosti se može preuzeti iz literature (na osnovi ranije provedenih mjerenja). Mjerenja temperature pojedinog objekta provode se malim sondama koje se uvedu u određeni objekt. Ostali parametri se mjere ili senzorima instaliranim unutar kamere, ili posebnim samostalnim uređajima.

Očitanjem parametara atmosfere (temperatura, propusnost i vlažnost), očitanjem visine (ili udaljenosti) senzora u trenutku snimanja, određivanjem emisivnosti i očitanjem temperature pojedinog objekta na snimci, pretpostavka su za provođenje kalibracije termalnog senzora. Za to su potrebni markeri za kalibraciju (posebni markeri sa sondama i termometrima koji kontinuirano mjere temperaturu njihove površine tijekom provođenja snimanja) i instrumentarij za mjerenje navedenih parametara.

Izvođač je u izvješću o kalibraciji dužan navesti korištene uređaje i/ili metodologiju.

3.3. Planiranje snimanja iz zraka

Snimanje iz zraka državnog područja Republike Hrvatske mogu obavljati pravne i fizičke osobe registrirane za djelatnost snimanja iz zraka. Odobrenje za snimanje iz zraka donosi Državna geodetska uprava na temelju podnesenog zahtjeva. Odmah po obavljenom snimanju, a najkasnije u roku od osam dana od završetka snimanja svi materijali trebaju se dostaviti na pregled Državnoj geodetskoj upravi. Iznositi iz Republike Hrvatske ili razmjenjivati putem interneta mogu se isključivo zračni snimci i podaci snimanja iz zraka koji su pregledani i odobreni od strane Povjerenstva za pregled zračnih snimaka.

Na temelju podataka o području koje će biti obuhvaćeno mjerenjem, zahtijevane gustoće točaka i položaja terenskih orijentacijskih i kontrolnih točaka izrađuje se plan leta i dostavlja na suglasnost.

Plan leta potrebno je izraditi na način da linije snimanja imaju smjer sjever-jug i/ili istok-zapad. Ukoliko, zbog područja obuhvata ili specifičnosti projektnog zadatka, planiranje linija nije moguće optimalno izvesti korištenjem navedenih smjerova, o tome će se obavijestiti Naručitelj koji mora odobriti izradu plana leta korištenjem smjerova linija snimanja koji odstupaju od navedenih.

3.3.1. Projekt zračnog snimanja hiperspektralnim sustavom

Zadaća i odgovornost izvoditelja je da prije početka snimanja iz zraka planiranim letom i planiranim karakteristikama snimanja dokaže da će zadovoljiti zahtjeve postizanja kvalitete konačnog proizvoda definiranim specifikacijom i projektnim zadatkom.

- Svi pripremni radovi za prikupljanje podataka i osiguravanja potrebne kvalitete su odgovornost i zadaća izvoditelja, a uključuju: mjerenja kontrolnih točaka i područja kalibracije, nužnih općih i specifičnih dozvola za let i snimanje, uzimajući u obzir ograničenja leta, plan leta, osiguravanje raspoloživosti osoblja, materijala i infrastrukture.
- Hiperspektralne kamere moraju biti kalibrirane tako da ispunjavaju postavljene zahtjeve točnosti. Postupak kalibracije treba biti dokumentiran.

- Svi tehnički parametri koji se odnose na upotrebu hiperspektralnih kamera moraju biti precizno definirani i dokumentirani za postupke kontrole kvalitete.

Planirano rješenje izvođača potrebno je dokumentirati i obrazložiti u Projektu zračnog snimanja hiperspektralnim sustavom.

Projekt zračnog snimanja hiperspektralnim sustavom isporučuje se kao prilog zahtjeva za odobrenje snimanja iz zraka. Plan snimanja te broj i položaj KT ovisi o tehnološkim rješenjima, opremi (definirano u Specifikacijama proizvoda za LiDAR snimanja iz zraka - DGU), metodama i alatima koje će izvođač koristiti u naknadnim procesima proizvodnje. Sve navedeno mora biti u skladu sa zahtjevima postizanja kvalitete ugovorenih proizvoda.

Plan leta označava nizove mjerenja i detaljno opisuje parametre hiperspektralnog sustava, visinu i brzinu leta mjerenja područja zadatka. Plan leta treba zadovoljavati zahtjeve zadatka.

Utjecaji kao što su topografija i specifikacije hiperspektralnih kamera trebaju biti uzete u obzir. Plan leta treba biti iscrtan s obuhvatom zadatka, stvarnim planom leta i terenskim orijentacijskim i kontrolnim točkama u vektorskom SHP i DGN/DWG formatu.

3.3.2. Elementi za planiranje snimanja iz zraka

Osnovni elementi za planiranje snimanja iz zraka su:

- područje obuhvata snimanja iz zraka
- gustoća točaka
- karakteristike kamere
- visina leta
- smjer leta
- uzdužni i poprečni preklop nizova

- jedinstvena identifikacija nizova i blokova
- karakteristike GNSS/INS sustava
- očekivano vrijeme leta i uvjeti snimanja
- tehnološko rješenje izvoditelja u procesu proizvodnje.

Izvoditelj je dužan osim navedenih elemenata zadovoljiti i sve ostale moguće elemente planiranja kako bi osigurao traženu točnost i kvalitetu konačnog proizvoda (npr. promjena visine terena, brzina leta, provjera svih uređaja u letjelici i dr.).

3.4. Zahtjevi ostvarenog snimanja iz zraka

3.4.1 Uvjeti snimanja

Idealno vrijeme za zračno snimanje je vedro ili s minimalnim oblačenjem. Snimanje hiperspektralnim sustavom zahtijeva dobru vidljivost i minimalnu prisutnost oblaka kako bi se osigurala kvalitetna atmosferska korekcija podataka.

Preferira se snimanje tijekom doba dana kada je sunčeva svjetlost jaka i stabilna te položaj sunca visoko na nebu. To pomaže u dobivanju jasnih i visokokvalitetnih snimki, a položaj sunca na nebu (zenitni kut) u smanjenju količine sjena na snimcima.

Temperaturni uvjeti mogu utjecati na performanse opreme. Idealno je snimati u umjerenim temperaturama, izbjegavajući ekstremne uvjete koji mogu negativno utjecati na senzore ili opremu.

Iznimke mogu biti ako se koriste termalne kamere (infracrvena tehnologija) te je za dobivanje snimaka iz kojih je moguće detektirati opažanu pojavu potrebno snimanje obavljati u periodu dana/godine kada su toplinske razlike između pojave koja se detektira i okoline dovoljno izražene da ih je moguće razlikovati/detektirati na snimcima.

Snimanje bi trebalo biti planirano tijekom perioda kada su vjetrovi umjereni. Prejaki vjetrovi mogu otežati preciznost i stabilnost leta, što može rezultirati manjom kvalitetom snimaka.

Visoka vlaga u zraku može utjecati na kvalitetu snimaka, posebno ako se koristi infracrvena tehnologija. Stoga, suho vrijeme može biti povoljnije za snimanje.

Sve informacije u vezi s prikupljanjem podataka moraju se pažljivo bilježiti, dokumentirati i dostaviti u okviru kontrole kvalitete, posebno plan leta, nizovi leta s datumom u vektorskom SHP i DGN/DWG formatu, vremenski uvjeti itd.

3.4.2. Preklop između nizova

Preklopi između nizova za aerofotogrametrijske ili LiDAR podatke definirani su u pripadajućim specifikacijama za navedene podatke koje izdaje DGU.

Poprečni preklop između nizova hiperspektralnih podataka se u pravilu planira u iznosu od 30% i ne bi trebao biti manji od 15% niti veći od 45%.

3.4.3. Smjer leta

Smjer leta može biti istok – zapad ili sjever – jug ili najbolje popunjeno kako bi poligon bio pokriven.

3.4.4. Identifikacija niza

Identifikacija niza:

- svaki niz treba imati jedinstvenu i smisleno kontinuiranu identifikaciju
- svaki ponovljeni niz treba imati oznaku rednog broja ponavljanja.

Identifikacija niza sastoji se od godine i rednog broja niza (npr.: 2023083). Broj znamenaka rednog broja niza uvijek je 3 tj. 001 – 999.

3.4.5. Visina leta

Visina i brzina leta ovisne o traženoj rezoluciji odnosno traženom GSD-u hiperspektralnih snimaka. U dokumentu „Plan leta“ iskazuje se nadmorska apsolutna visina leta u metrima. Odstupanje visine leta od planirane mora biti manje od 5%.

3.4.6. Vrijeme snimanja

Izvoditelj planira približno vrijeme ili epohu snimanja iz zraka. Izvoditelj mora obavijestiti naručitelja o stvarnom početku i kraju snimanja (početak i završetak procesa snimanja iz zraka kompletnog zadatka).

3.4.7. Atmosferski uvjeti za snimanje iz zraka hiperspektralnim kamerama

- naoblaka 0% - ovaj uvjet je potrebno zadovoljiti kako bi se eliminirala zaklonjenost objekata snimanja te minimizirale sjene na snimcima; oblaci direktno utječu na točnost atmosferske korekcije koja se računa za zračne snimke, a radi se na osnovu fizičkog modela atmosfere koji nije moguće definirati u uvjetima jake naoblake
- kut sunca $> 35^\circ$ - minimiziranje sjena na snimcima
- vjetar čeon/repni/planinski valovi maks. 10% planirane brzine leta - utječe na sigurnost posade i opreme, a u kontekstu rezultata snimanja utječe na brzinu kretanja letjelice u odnosu na tlo (eng. Ground Speed) (čeon/repni) ili održavanje konstantne visine leta (planinski valovi) - utječe na parametre HSI-a definirane prilikom planiranja snimanja i postavki hiperspektralnih kamera (eng. Frame Rate)
- saturacija snimaka – ako postoji prekomjerna saturacija snimka potrebno smanjiti vrijeme integracije i obrnuto (u najvećoj mjeri ovisno o atmosferskim uvjetima i svojstvima opažanog područja)

Eliminacija ili minimiziranje sjena na snimcima je izrazito važno za sva snimanja koja se provode u svrhu smanjenja rizika od katastrofa ili evidenciju zahvaćenog područja direktno ili indirektno povezanih s vodama (poplave, zagađenje mora, industrijski izljevi u vodotoke, suša, rizik od požara i sl.) jer sjene i vode imaju sličan hiperspektralni odaziv te postoji rizik da svrhu snimanja neće biti moguće ostvariti ukoliko snimke sadrže veliki postotak sjena. Zbog toga je nužno snimanje u uvjetima kada se može osigurati da se sjene koje je moguće izbjeći (npr. od oblaka) ne nalaze na snimcima.

3.4.8. Iznimke

Za dobivanje odobrenja za iznimku potrebno je Naručitelju poslati pisani upit uz obrazloženje za traženu iznimku ili od Naručitelja dobiti takvo odobrenje unaprijed.

Za atmosferske uvjete:

- sjene od naoblake do 30% pojedinog niza
- kut sunca $< 35^\circ$ (npr. snimanje u periodu godine kada Sunce ne doseže toliki zenitni kut na području snimanja)
- maks. vjetar $> 10\%$ planirane brzine leta samo ako je parametre uređaja za snimanje korigirati da kompenziraju promjenu u brzini leta pri minimalnoj sigurnoj brzini za letjelicu – repni vjetar, maksimalnoj brzini letjelice – čeoni vjetar, varijacije u visini leta u slučaju planinskih valova nisu veće od 10% planirane visine leta)

Za plan leta:

- odstupanje od S-J odnosno I-Z samo ako bi vrijeme trajanje misije/leta bilo nerazmjerno produženo za opažanje projektnog područja (npr. koridor koji se proteže SZ-JI) te postoji opasnost da zbog toga cilj misije ne bi bio ostvaren (vrijeme reakcije u slučaju katastrofe dobiva prednost)
- odstupanje od planirane brzine/visine leta odnosno promjena GSD-a zbog vremenskih/atmosferskih ili drugih uvjeta kada postoji opasnost da zbog toga cilj misije ne bi bio ostvaren

(vrijeme reakcije u slučaju katastrofe dobiva prednost)

Odobrenje za iznimke će biti izdano samo ako postoji opasnost da cilj misije ne bi bio ostvaren (vrijeme reakcije u slučaju katastrofe dobiva prednost).

3.5. Točnost

Točnost koja se odnosi na podatke aerofotogrametrijskog ili LiDAR snimanja definirana je u pripadajućim specifikacijama za tu vrstu snimanja koju izdaje DGU.

Hiperspektralno snimanje kao ni termalno snimanje nemaju primarnu svrhu kartiranja i pozicioniranja reljefnih oblika i s njim povezanih objekata. Sukladno tome, točnost snimaka se ne iskazuje u metričkim jedinicama već u maksimalnom dopuštenom odstupanju piksela snimka od drugog georeferenciranog snimka s kojim se preklapa (hiperspektralnog, RGB, termalnog). Dopušteno je odstupanje u iznosu 2 piksela što, zatim, u apsolutnim mjernim jedinicama ovisi o GSD-u snimka.

3.6. Isporuka rezultata snimanja iz zraka

Jednoznačno definiranje rezultata rada prilikom snimanja iz zraka u sadržajnom i tehničkom smislu prikazuje sastavne dijelove koje je izvoditelj obvezan isporučiti u analognom i digitalnom obliku.

Ukoliko ugovorom ili projektnim zadatkom nije definirano i odobreno drugačije, izvoditelj mora isporučiti sljedeće rezultate rada:

- izvješće o snimanju iz zraka
- tablična izvješća
- datoteka ostvarenog snimanja

- GNSS/INS podaci
- digitalni zračni snimci (RGB/LiDAR/hiperspektralni/termalni)
- DMR i/ili DMP.

Isporuka, struktura i formati opisani su u poglavlju 6 Isporuka.

4. OBRADA PODATAKA

Obrada podataka aerofotogrametrijskog ili LiDAR snimanja i njihova podjela na listove opisana je u dokumentima specifikacija za navedena snimanja i sve navedeno se primjenjuje i u ovu svrhu.

4.1. Obrada hiperspektralnih snimaka

4.1.1. Prevođenje sirovih podataka u radijancu

Hiperspektralne snimke je u prvom koraku potrebno prevesti iz sirovog, bezdimenzionalnog formata (DN-digitalni brojevi senzora) u radijancu čije su jedinice osnovne $W/(m^2 \text{ sr nm})$.

Prilikom konverzije potrebno je napraviti pripremu (eng. binning) sirovih podataka za daljnju obradu:

- na traženu spektralnu rezoluciju (ako je tražena manja od sirove rezolucije) - spektralni binning
- na odgovarajuću prostornu rezoluciju ako je za VNIR snimke tražena niža rezolucija nego je dobivena ili je VNIR snimke potrebno pripremiti za spajanje/preklapanje sa SWIR snimkama radi dobivanja jedinstvene hiperspektralne kocke preko cijelog spektra VNIR+SWIR – prostorni binning

4.1.2. Ortorektifikacija

Za potrebe ortorektifikacije snimki potrebno je koristiti DMR ili DMP.

Kada je traženo projektnim zadatkom, u ovom koraku, ili neposredno nakon njega, provodi se i kreiranje jedinstvene VNIR+SWIR hiperspektralne kocke.

4.1.3. Atmosferska korekcija

Atmosferska korekcija je postupak kojim se hiperspektralne snimke prevode iz radijance u reflektancu uz uklanjanje atmosferskih smetnji (aerosoli, vodena para, plinovi i drugo) koje uzrokuju pogreške u vrijednostima reflektance spektralnih raspona na pojedinom pikselu snimka.

Atmosfersku korekciju moguće je napraviti uz pretpostavku ravnog terena (eng. Flat Terrain) u slučaju korištenja hiperspektralnih kamera čiji FOV nije veći od 30°, a snimljeno područje nema izraženih reljefnih oblika (duboki i/ili strmi klanci, kanjoni, litice i sl.).

Idealni snimci ne sadržavaju sjene, ali, ako ih nije moguće izbjeći prilikom zračnog snimanja, nakon provedene atmosferske korekcije i eliminiranja atmosferskih utjecaja, potrebno je ukloniti sjene sa snimaka. Uklanjanje sjena moguće je izvesti kada je količina sjena na snimcima $\leq 30\%$. Ovisno o svrsi snimanja te potrebnim analizama, ovaj postotak može biti i manji.

Ukoliko se koriste širokokutne kamere ili se snimanje izvodi na terenu s izraženim reljefnim oblicima, potrebno je provesti atmosfersku korekciju za neravni teren (eng. Rough Terrain) u kojoj će se u obzir uzeti i BRDF (eng. Bidirectional Reflectance Distribution Function).

Konačni rezultat provedene atmosferske korekcije su snimci s informacijom o reflektanci svakog spektralnog raspona (eng. Spectral band) na svakom pikselu snimka odnosno konačna hiperspektralna kocka.

4.1.4. Mozaiciranje i podjela na listove

Ukoliko se traži projektnim zadatkom, nizove je potrebno mozaicirati odnosno spojiti u jedinstvenu hiperspektralnu kocku.

Hiperspektralna kocka se ne smije dijeliti na listove kartografske podjele kako se ne bi utjecalo na relativne odnose reflektance unutar niza ili mozaika misije.

4.2. Obrada termalnih snimaka

Termalne snimke potrebno je ortorektificirati korištenjem odgovarajućeg softvera za ortorektifikaciju te korištenjem procedure opisane u specifikacijama za aerofotogrametrijsko snimanje u dijelu primjenjivom na termalne snimke.

5. KONTROLA KVALITETE

5.1. Kontrola kvalitete izvoditelja

Izvoditelj je dužan osigurati da su uvjeti za hiperspektralno snimanje i snimke koje se njime dobiju sukladni ovim specifikacijama. Prije dostave podataka izvoditelj mora izvršiti kontrolu kvalitete kako bi osigurao da rezultati odgovaraju postavljenim zahtjevima. Kontrole kvalitete moraju biti dostavljene naručitelju u obliku izvješća.

5.2. Kontrola kvalitete i uvjeti prihvatljivosti naručitelja

Nakon dostave podataka naručitelj obavlja kontrolu kvalitete hiperspektralnog snimanja i proizvoda. Obavljaju se najmanje sljedeće kontrole kvalitete:

- provjera odstupanja od planiranih nizova snimanja
- provjera odstupanja od planirane visine leta (i posljedično odstupanje od traženog GSD-a)
- provjera zasićenosti (saturacije) snimaka
- provjera pokrivenosti područja zadatka
- kontrola dimenzije snimaka, prostorne rezolucije i radiometrijske rezolucije
- provjera tonske ujednačenosti
- provjera da su snimci bez artefakata (oblaci, magla, sjene, snijeg, refleksija,...)
- provjera uzdužnog i poprečnog preklopa snimaka
- provjera kvalitete navigacijskog rješenja za RGB kameru i hiperspektralne podatke.
- Proizvodi i podaci koji ne zadovolje kontrolu kvalitete bit će dostavljeni izvoditelju na ispravak.

6. ISPORUKA

Svi isporučeni podaci moraju biti u skladu sa zahtjevima ove specifikacije ili uputama definiranim ugovorom ili projektnim zadatkom. Izvješća i zapisi podataka moraju biti izrađeni kako bi se dobio jasan i jednoznačan pregled svih postupaka izvođenja radova u okviru jednog zadatka te da se omogući neovisno ponavljanje radova, obradu podataka, analizu, kontrolu i korištenje podataka. Svaka isporuka podataka mora proći internu kontrolu kvalitete izvoditelja, te mora biti najavljena i dogovorena s naručiteljem.

6.1. Podaci za isporuku

6.1.1. Dokumenti i izvješća vezani uz isporuku podataka

Izvoditelj će dostaviti sljedeće dokumente:

- za Aerofotogrametrijsko snimanje sukladno Specifikacijama za aerofotogrametrijsko snimanje
- za LiDAR snimanje sukladno Specifikacijama za LiDAR snimanje
- plan izvršenja usluge za područje zadatka
- plan provedbe projekta u grafičkom obliku s aktivnostima i ključnim koracima
- opis postupaka interne kontrole kvalitete
- dnevници hiperspektralnog snimanja

6.1.2. Format podataka

- podaci inercijalnog (INS) GNSS+IMU sustava u formatu korištenog INS-a
- sirovi aero snimci u .jpg formatu
- DOF u .tiff formatu
- LiDAR podaci u .las/.laz formatu

- DMR u .tiff formatu
- DMP u .tiff formatu
- sirovi hiperspektralni snimci u formatu proizvođača kamera (u DN vrijednostima) te, ako se traže obrađeni snimci
- georeferencirane, atmosferski korigirane s korekcijom sjena, hiperspektralne kocke (pojedini nizovi leta ili cijeli mozaici pojedinih misija) u .bsq formatu
- Termalni snimci u .jpg formatu

6.1.3. Struktura direktorija za isporuku

- Mapa “Podaci inercijalnog sustava” podijeljeni u podmape po danima s oznakama podmapa GGGGMMDD i sadrže pripadajuće INS podatke
- Mapa “Sirove aerofotogrametrijske snimke” (.jpg) s podmapama koje nose nazive po blokovima/misijama/područjima izmjere i sadrže pripadajuće snimke

Ako je uz hiperspektralne senzore korištena aerofotogrametrijska RGB kamera:

- Mapa “DOF” s podacima podijeljenim na kartografske listove 1:2000
- DMP mapa (.tiff) s podacima podijeljenim na kartografske listove 1:2000

Ako je uz hiperspektralne senzore korišten LiDAR skener:

- Mapa “LiDAR” s podmapama kako je definirano u dokumentu Specifikacija za LiDAR snimanje
- Mapa “Sirovi hiperspektralni snimci (DN)” podijeljeni u podmape s oznakama mapa GGGG-MMDD-“naziv misije/bloka/područja snimanja”

Ili, ako se traže obrađeni snimci:

- Mapa “Hiperspektralne snimke” s podmapama:
- “Sirovi hiperspektralni snimci (DN)” i

- “Hiperspektralne kocke” - georeferencirane, atmosferski korigirane s korekcijom sjena, hiperspektralne snimke (pojedini nizovi leta ili cijeli mozaici pojedine misije) u .bsq formatu, ovisno o zahtjevima može sadržavati podmape sa odvojenim snimkama za svaku kameru (npr. VNIR, SWIR) ili spojene snimke

Mapa “Termalne snimke” s podmapama “Sirovi termalni snimci” i “Georeferencirani termalni snimci”

KONTAKT PODACI:

Državna geodetska uprava

Gruška 20, 10000 Zagreb

Tel: +385 1 6165 404

info@dgu.hr

<https://dgu.gov.hr>

Grad Zagreb

Trg Stjepana Radića 1, 10000 Zagreb

Tel: +385 1 6101 111 ili s mobitela *111

gradjani@zagreb.hr

<https://www.zagreb.hr>

Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Kačićeva 26, 10000 Zagreb

Tel: +385 1 4639 222

info@geof.unizg.hr

<https://www.geof.unizg.hr>



Zagreb, prosinac 2023. godine

Za više informacija o EU fondovima posjetite <https://strukturnifondovi.hr>
Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

