

Izmjera bloka aerosnimaka programom ORIMA

Tomislav Gužvinec, ing. geod.¹

1. Uvod

Ovi radom ćemo opisati dio programa za mjerenje aerotriangulacije jednog bloka aerosnimaka i pripremu podataka za izjednačenje. U prvome dijelu dan je opis fotogrametrije kao metode mjerenja. Dalje je opisan stereoinstrument s kojim je izvršeno mjerenje i nastavno tok samog mjerenja. Nakon uputa operateru za korištenje ORIME za mjerenje aerotriangulacije dana je ocjena točnosti svake faze mjerenja.

2. Fotogrametrija

Fotogrametrija je tehnika mjerenja snimaka kojom se iz jedne ili više međusobno povezanih fotografija određuje oblik, položaj i veličina snimljenog predmeta (objekta). Kod primjene u geodetske svrhe taj je predmet zemljište sa svim njegovim prirodnim i umjetnim pojedinostima. Bogatstva detalja kojima obiluju fotogrametrijski snimci dovela su do izrade planova i karata u fotografskom obliku. Kao što je korisniku potrebno da nauči čitati karte i planove isto je tako potrebno nauči-

ti čitati i snimke. S obzirom na položaj snimališta razlikujemo aerofotogrametrijske i terestičke snimke. Prvi su dobiveni snimanjem iz zraka, a drugi snimanjem sa zemlje. S obzirom na te dvije grupe snimaka tj. s obzirom na perspektivu snimanja imamo i dvije grane u fotogrametriji. To su: aerofotogrametrija i terestička fotogrametrija.

Kod aerofotogrametrije snimci mogu biti izvedeni vertikalnom ili kosom optičkom osi, a kod terestičke fotogrametrije horizontalnom ili blago nagnutom optičkom osi objektiva.

Oblik i veličina ravnog dvodimenzionalnog predmeta može se odrediti samo iz jedne fotografije, ali za mjerenja prostornog trodimenzionalnog predmeta moraju se upotrijebiti najmanje dvije fotografije koje su snimljene s dva različita snimališta. Položaj i međusobni odnos snimališta određuje posebni uvjet kako bi se mogli pravilno iskoristiti parovi snimaka. Dobivene fotografije mogu se posebnim instrumentima promatrati stereoskopski, a optički model može se iskoristiti za mjerenje snimljenog predmeta.

2.1. Aerofotogrametrija

Aerofotogrametrija je jedna od najvažnijih grana fotogrametrije, koja upotrebljava fotografije snimljene iz zraka za izradu fotografskih karata i planova. Snimanje iz zraka u fotogrametrijske svrhe redovito se obavlja iz aviona. Prilikom snimanja njihova brzina treba biti oko 250 km/h s mogućnošću trajanja leta oko 5 sati što nam omogućuje da se s jednim uzlijetanjem obuhvati optimalno pogodno vrijeme snimanja u toku dana. Za fotogrametrijsko snimanje iz zraka najpovoljnije je vrijeme u proljeće neposredno prije vegetacije listanja ili na jesen kad padne lišće.

Za fotogrametrijske svrhe najpogodnije doba dana je oko podne, jer su tada sjene najkraće što je naročito važno u slučaju snimanja planinskih predjela i gradova. Snimanja pri niskom suncu obavlja se uglavnom samo u ravničarskim predjelima u svrhu fotointerpretacije jer tada na snimcima dolazi jače do izražaja mikroreljef i ostale osebjnosti terena.

Pri aerofotogrametriji zemljište se snima tako da se susjedne slike preklapaju za 60-75%. Dijelovi snimaka

[1] Tomislav Gužvinec, ing. geod., Ton-ing d.o.o, Varaždin, e-mail: kata.solar@vz.t-com.hr

koji se međusobno prekrivaju upotrebljavaju se kao fotografski parovi, pa se na temelju takvih fotografija na stereoautografu crtaju karte.

2.2. Stereofotogrametrija

Fotografska metoda za snimanje terena i izradbu topografskih karata na temelju stereoskopskih parova fotografskih snimaka zove se stereofotogrametrija. Dakle za rekonstrukciju trodimenzionalnog predmeta nije dovoljan samo jedan snimak jer se točke takvog predmeta ne nalaze u jednoj ravnini već su potrebna dva snimka snimljena s dva RAZLIČITA snimališta. Na taj se način rješenje tog zadatka svodi na direktno prostorno presijecanje naprijed, ili se pak prostorni presjek projicira u dvije ravnine –horizontalnu i vertikalnu. Ovako snimljeni objekt možemo prostorno STEREOSKOPSKI promatrati, a ovo promatranje iskoristiti za izmjeru rekonstruiranog modela. Aerofotogrametrija (koju ćemo jednim dijelom mi promatrati) je metoda koja upotrebljava parove fotografija snimljene iz aviona. Pošto se fotografije razvijaju, fiksiraju i smjeste u stereoautograf snimljeni se teren vidi stereoskopski.

2.3. Stereoskopsko promatranje

Pojedine objekte možemo promatrati dvojako, to znači da ih možemo promatrati sa oba oka, a možemo ih promatrati sa jednim okom. Mi ćemo se pozabaviti samo s promatranjem sa oba oka, tj. Stereoskopskim promatranjem, budući da se samo ono primjenjuje u stereofotogrametriji.

Kao što smo već ranije rekli, postoji mogućnost izazivanja umjetnog prostor-

nog promatranja slika, snimljenih iz dvije različite perspektive. Ako se takvi snimci orijentiraju relativno jedan spram drugog i ako se lijevi snimak promatra lijevim, a desni samo sa desnim okom pojaviti će nam se prostorni utisak snimljenog objekta. Međutim za ovakvo promatranje potrebna je vježba jer optičke osi oka moraju biti paralelne, usmjerene u beskonačno, a akomodacija oka za oštrinu na konačno što ne odgovara normalnom gledanju.

2.4. Unutarnja orijentacija

Da bi se dvostrukom projekcijom definirao model koji bi po svojim oblicima, dimenzijama i nagibu njegove površine predstavljao snimljeno područje u izvjesnom mjerilu, potrebno je snimcima, odnosno projektorima dodijeliti njihovu unutarnju i relativnu orijentaciju, te dobiveni model apsolutno orijentirati. Unutarnja orijentacija ima svrhu da se snop glavnih zraka u prostoru modela rekonstruira jednako s odgovarajućim originalnim snopom, kojim je eksponiran taj snimak. Centriranje snimka na podložnoj ploči vrši se po rubnim markama snimka. U tu je svrhu podložna ploča providena rubnim markama. Upasivanje se obavlja izvan instrumenta koincidencijom rubnih maraka. Položaj rubnih maraka na podložnoj ploči odgovara neosušenom formatu i određen je presjekom radijalne i tangencijalne crtice, dok je kod usušenog formata položaj rubne marke pomaknut po radijalnoj crtici. Kod usušenog formata snimka neće nam dakle uspjeti navesti rubne marke snimka na presjeke križica na podložnoj ploči, već ćemo se morati zadovoljiti time da

izvršimo koincidenciju samo po radijalnim crticama čime će se na snimku nemarkirana glavna točka snimka dovesti u glavnu točku projektora koja je označena križićem u sredini podložne ploče.

Konstanta snimka je kod nesmanjenih formata jednaka konstanti kamere koja je u geodetskoj fotogrametriji jednaka žarišnoj daljini. Veličina ove konstante obično je označeno na snimcima. Za određivanje i uvađanje konstante snimka u instrument praktičnija je sljedeća metoda: ishodišni postav konstante snimka izjednači se s konstantom kamere, te se kod tog postava s mjernom markicom vizira rubna marka projektora. Time se ona projicira u prostor modela na vanjski završetak konstruirane zrake koji je kod optičke projekcije materijaliziran mjernom markicom, a kod mehaničke projekcije središte vanjskog kardana štapa. Uslijed usuha snimka rubna marka snimka neće pri tom biti uvizirana, već ju sada pri nepromijenjenom prostornom položaju vanjskog završetka rekonstruirane zrake moramo dovesti na istu zraku isključivo pomoću promjenjive konstante snimka. Time će unatoč postojećeg usuha ostati sačuvan objektni kut. U cilju povećanja točnosti ovo se obavlja za sve četiri rubne marke, a kao definitivni postav uzima se aritmetička sredina.

2.5. Relativna orijentacija

Pod relativnom orijentacijom razumijevamo međusobnu orijentaciju dvaju snimaka jednog stereopara u momentima eksponaže. Relativna orijentacija se sastoji u jednakoj međusobnoj orijentaciji projektora kao što ju je imala kamera prigodom sni

manja u momentu ekspozicije snimka jednog stereopara. Ona ima svrhu da se presjekom rekonstruiranih parova vanjskih snopova zraka stvori model snimljenog područja.

Elementi relativne orijentacije određuju se na tri načina:

1. Indirektno, pojedinačnom vanjskom orijentacijom svakog projektora,
2. Direktno, sistematskim dovodenjem do presjeka odgovarajućih parova zraka diljem čitavog stereopolja,
3. Indirektno, na temelju ispitivanja deformacije modela.

Relativnom orijentacijom treba u svakoj točki stereopolja biti uklonjena transverzalna paralaksa, a to se postiže sistematskim postupkom promjenama elemenata relativne orijentacije. Pri nekoincidiranom postavu na stereoinstrumentu mjerna će se markica projicirati na lijevom i desnom snimku na različite točke snimljenog područja. Razmak uvizirane točke na jednom snimku od položaja one točke na istom snimku koja je uvizirana na drugom snimku nazivamo totalnom paralaksom. Stereoparalaksa uvjetuje dubinsko odstupanje promatrane mjerne markice od subjektivnog promatranog modela, a transverzalna paralaksa kao takva onemogućuje stereoskopski efekt. Transverzalnu paralaksu nije moguće otkloniti bez promjene unutarnje ili relativne orijentacije.

2.6. Apsolutna orijentacija

Pod vanjskom ili apsolutnom orijentacijom snimka podrazumijevamo njegovu orijentaciju prema zemljišnom koordinatnom sistemu. Nakon što je izvršena relativna orijentacija i stvoren

model sposoban za mjerenja pristupa se apsolutnoj orijentaciji.

Ona se sastoji u:

1. Određivanju željenog mjerila modela i
2. Horizontiranju modela.

Mjerilo modela odredi se komparacijom barem jedne poznate daljine dobivene iz koordinata orijentacijskih točaka i odgovarajuće rekonstruirane dužine iz modela.

2.7. Aerotriangulacija

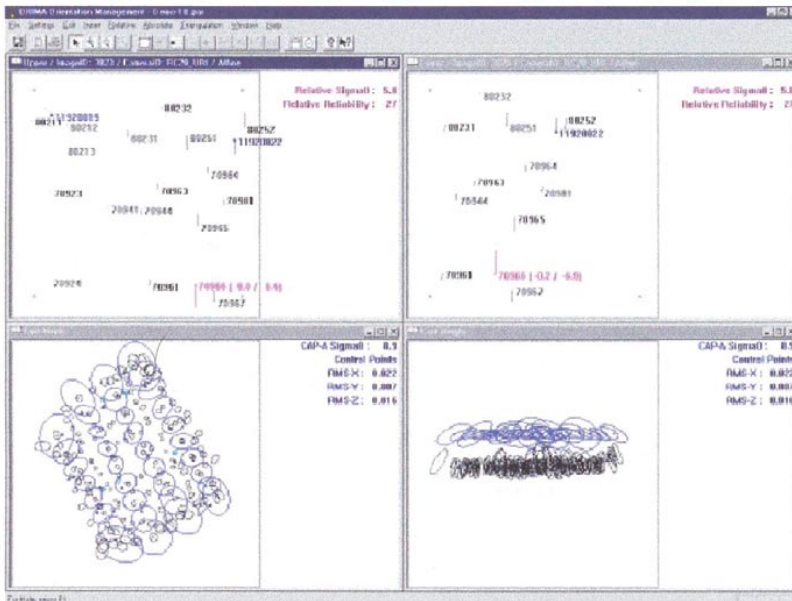
Aerotriangulacija je određivanje položaja terenskih točaka pomoću lanaca trokuta koji povezuje te točke međusobno. Primjenjuje se tamo gdje postoji oskudna mreža trigonometrijskih i visinskih točaka i gdje bi klasično određivanje orijentacijskih točaka potrebnih za apsolutnu orijentaciju svakog pojedinog modela bilo vremenski i ekonomski vrlo nepovoljno. Takav slučaj često imamo u šumskim predjelima gdje razvijanje triangulacije zahtijeva podizanje visokih piramida. Iako je primjena elektronskih daljinomjera znatno olakšala rad u takvim područjima ipak kod snimanja za krupna mjerila kartiranja kod kojih je potrebno odrediti veliki broj orijentacijskih točaka, aerotriangulacija se uvelike koristi. Posebno se mnogo koristi kod radova u nerazvijenim zemljama. Nizovi u aerotriangulaciji se sastoje od četiri do osam modela. U takvim slučajevima određuju se orijentacijske točke samo za prvi i zadnji model u nizu, a radi boljeg izjednačenja i u samom nizu. Na prvi stereopar orijentiran na temelju danih orijentacijskih točaka možemo bez većih pogrešaka priključiti slijedeći snimak, dok kod daljnjeg nanizivanja zbog sistematskih pogrešaka

dolazi do osjetljivih deformacija i odstupanja tako da je neophodno izvršiti na kraju niza priključak na poznate orijentacijske točke. Pojedine sistematske pogreške deformiraju pojedini model orijentiran apsolutno na temelju orijentacijskih točaka. Dok je apsolutni iznos ovih deformacija toliko malen da se na njega treba obazirati tek kod najpreciznijih radova dotle bi kod velikog broja priključenih snimaka sistematsko nagomilavanje zauzelo takve razmjere da bi i nakon izjednačenja preostale pogreške bile prevelike, stoga se kod takvih dugačkih nizova neki elementi apsolutne orijentacije određuju već kod samog snimanja pomoću posebnih instrumenata. Aerotriangulacija primjenjuje se pri fotogrametrijskoj izradbi geografskih karata i planova po fotografijama snimljenih iz zraka. Apsolutna orijentacija snimaka postiže se postepenim relativnim priključivanjem snimaka na početni apsolutno orijentirani stereopar fotografija.

3. Mjerenje aerotriangulacijskog bloka programom Orima

Da bi se mogla obaviti mjerenja sa instrumentima potrebno je uspostaviti vezu između instrumenata i slika, a to znači da moramo izvršiti unutarnju orijentaciju. Informacije koje su neophodne da bi se izvela unutarnja orijentacija su podaci o kameri, koji su se unijeli preko datoteke o kameri koristeći kamera editor.

Kako bismo započeli proces mjerenja potrebno je kliknuti na okvir koji će biti nositelj referentne slike stereopara koji će se mjeriti, pritisnuti ikonu New image nakon čega upisujemo broj slike i broj



Slika 1: Izgled ekrana prilikom izmjere aerotriangulacijskog bloka

niza (STRIPA) i sve potrebne informacije u vezi te slike koje ORIMA treba.

Postavljamo sljedeće parametre:

- Alfanumerička identifikacijska oznaka slike (ID);
- ID slike mora biti jedinstvena unutar projekta, a ORIMA to koristi kao ime datoteke, pa ID ne smije prelaziti dužinu od osam znakova.

- ID kamere sa liste raspoloživih kamera; ovo se može odabrati sa liste ID kamera koji je prikazan u pripadajućem izborniku

- Visina leta sa poštivanjem zemaljskih sustava i srednje visine terena. Visina letjelice iznad terena je razlika između dviju visina koje se ovdje unose.

- Orijehtacija slike, broj niza kojoj pripada slika, oznaka koja definira da li je slika lijeva ili desna u stereo modelu. Početna vrijednost je postavljena na „Lijeva slika foto modela“ u pojedinačnim modelima i na „Desna slika foto modela“ u triangulacijskim modelima.

- Smjer kamere u relaciji sa visinskim koordinatama; ako je ova oznaka označena ORIMA pretpostavlja da se koristi zračno fotografiranje.

U tom slučaju Orima izvodi prepozicioniranje već nakon druge izmjerene točke.

4. Proces mjerenja

U instrument ulažemo prvu fotografiju, računalo nam daje poruku da se izmjeri prva rubna oznaka, te nakon izmjerene oznake automatski prelazi na novu rubnu oznaku. Čim se izmjeri minimalan

broj rubnih oznaka izračunavaju se rezultati unutarnje orijentacije.

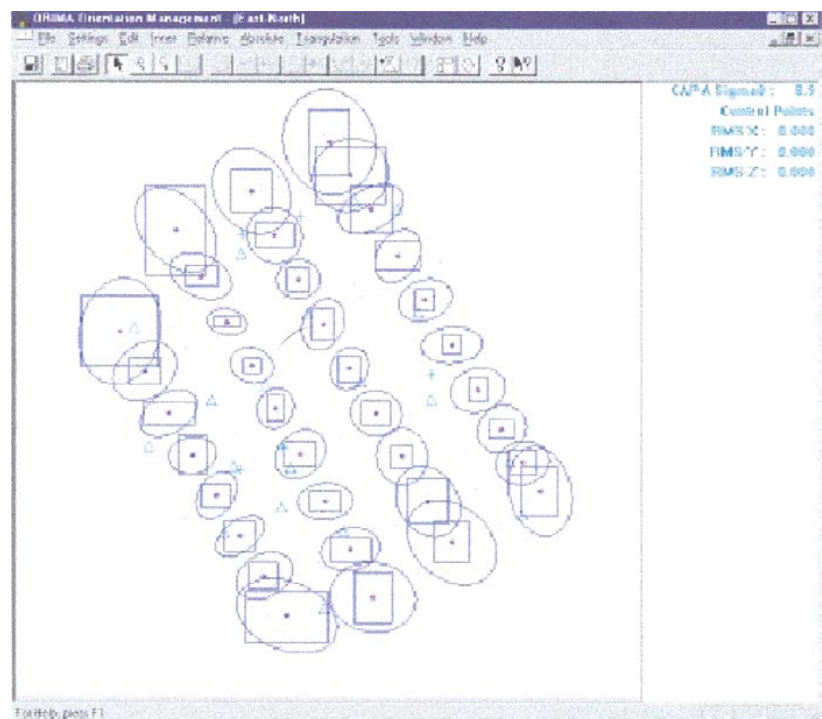
Za to je potrebno izmjeriti minimalno četiri oznake koje mogu imati maksimalno odstupanje (točnost) 10 mikrometara. Tek nakon što je zadovoljen ovaj uvjet može se pristupiti mjerenju relativne orijentacije.

Relativna orijentacija izvodi se koristeći shemu od šest pravilno raspoređenih paralaktičkih točaka. Nakon što učitamo shemu točaka pristupamo izmjeri tih točaka tako da oko svake točke u minimalnom krugu uklanjamo paralaksu.

Nakon izmjerene relativne orijentacije nastaju dvije situacije a to su da je postavljenim zahtjevima udovoljeno ili da postavljenim uvjetima nije udovoljeno.

Ovisno o tome možemo nastaviti sa apsolutnom orijentacijom i novim stereo parom snimaka.

Tijekom izvođenja ove metode izmjeriti ćemo tri ili četiri trigonometrijske točke koje će se projicirati unutar



Slika 2: Izgled ekrana prilikom izvođenja apsolutne orijentacije

formata slike. Program izračunava apsolutnu orijentaciju odmah nakon tri izmjerene točke i nakon svake dodatne točke.

4.1. Izmjera bloka snimaka

U instrument ulažemo prvu sliku 1 na lijevu podložnu ploču instrumenta prilikom čega nam instrument automatski naređuje da izmjerimo unutarnju orijentaciju i zaustavlja se na prvoj rubnoj markici. Markicu registramo desnom nožnom pedalom a računalo kreće na sljedeću rubnu markicu.

Ako je točnost zadovoljavajuća možemo staviti sljedeću sliku na desnu podložnu ploču 2.

Nakon uspješno obavljene unutarnje orijentacije krećemo sa izmjerom relativne orijentacije i shemom od 6 pravilno raspoređenih točaka.

Shema točaka upotrebljava se samo kod prvog modela a kasnije se umjesto sheme postavljaju samo zadane točke poznatih koordinata.

Detalj za tu točku moramo potražiti sami u najužem krugu oko mjesta na koje nas je kompjuter naveo i tako dok ne izmjerimo sve zadane točke.

Prilikom izvođenja apsolutne orijentacije Orima izvodi kontrole, detekcije i korekcije pogrešaka, te će nam ih prikazati u numeričkom i grafičkom obliku pomoću elipsi pogrešaka.

Tokom mjerenja bloka snimaka izmjerili smo četiri niza sa po pet fotografijau svakom nizu.

Nakon izmjerenog prvog modela u instrument ulažemo sljedeći snimak u prvome nizu 3.

Na monitoru otvaramo okvir lijeve slike u izborniku *New image* nakon čega se instrument dovodi u položaj

izmjene snimke.

Kad smo uložili snimku pomičemo polugu sa orto na pseudo promatranje jer nam je u tom slučaju desna snimka na lijevom nosaču snimke i desna postaje referentna.

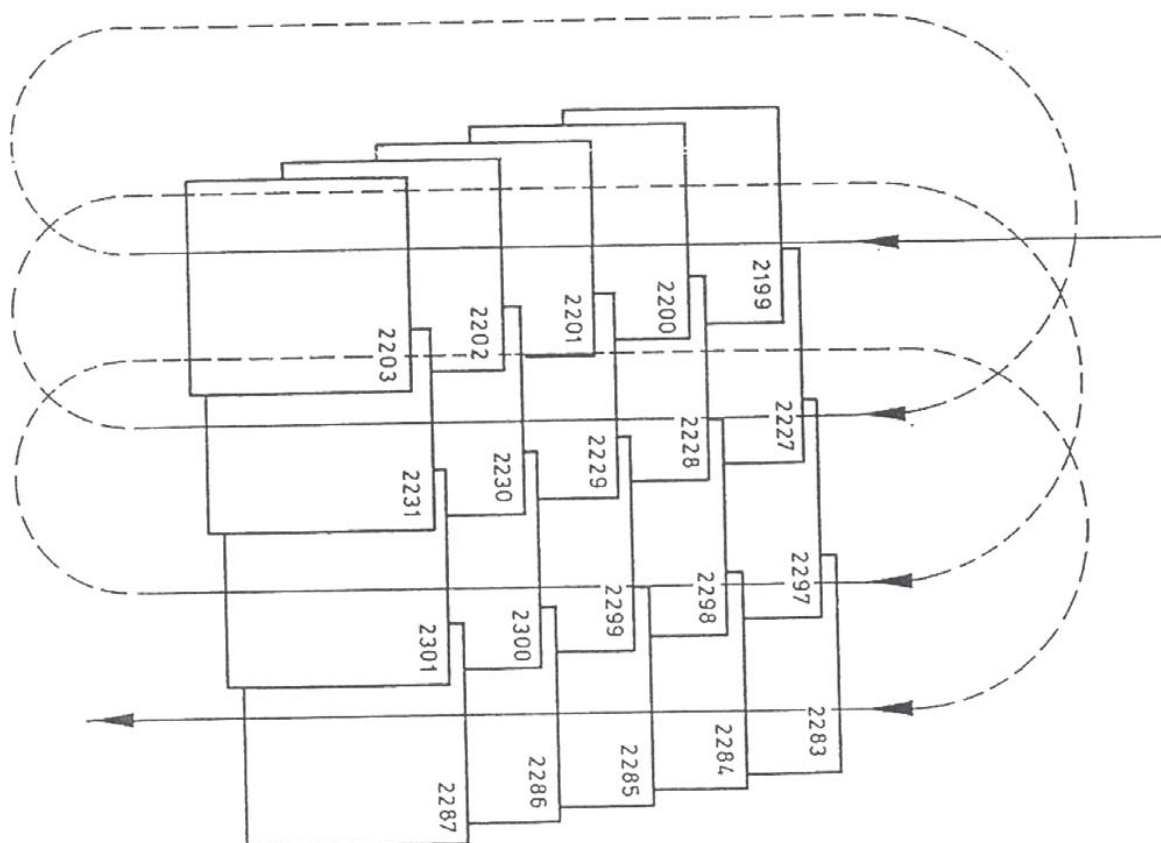
Sa referentne snimke koju smo prethodno označili na monitoru obilježimo sve zadane i vezne točke (3-4) i pomoću ikone *transfer point* prebacujemo točke na novo uloženi snimak.

Nakon izmjerenih svih prebačenih točaka sa referentne snimke na novoj snimci tražimo i izmjerimo sve zadane točke i unosimo nove vezne točke kako bismo izmjerili model.

Za sve točke osim zadanih vodimo položajni opis kako bismo kasnije znali o kojem se detalju radi.

4.2. Podaci snimanja

Mjerenje je obavljeno kamerom WILD Aviophot



Slika 3: Blok snimaka

RC10. Konstanta kamere je 153,18 mm.

Snimci su snimani u približnom mjerilu 1:5400 što možemo dobiti preko visine leta koja iznosi 1440 m/MSL i srednje nadmorske visine terena 620m/MSL.

Dimenzije bloka su četiri niza s pet fotografija.

4.3. Upute za mjerenje aerotriangulacije programom orima

Program ORIMA uvelike nam pojednostavljuje i olakšava rad pri mjerenju aerotriangulacije ali od nas također zahtijeva sistematičnost i koncentraciju prilikom obavljanja svake operacije zasebno. U toku mjerenja vrlo je bitno paziti na oblik mjerne markice (može biti točka ili kružić), njenu osvjetljenost u odnosu na podlogu i osvjetljenost slike jer i to utječe na točnost cijelog mjerenja. Prilikom mjerenja unutarnje orijentacije mjerna markica nam mora biti kružić jer je oblik rubne markice koju mjerimo kružnog oblika.

Također prema potrebi možemo mijenjati oblik mjerne markice tokom mjerenja ali to nije preporučljivo jer dolazi do nepredvidivih slučajnih pogrešaka tokom mjerenja kojima kasnije ne znamo uzrok.

Prije nego smo počeli mjeriti moramo podesiti svjetlost tj. moramo uspostaviti odnos između osvjetljenosti mjerne markice i snimka koji je idealan za naše oko.

Unatoč tome u nekim slučajevima kao recimo prilikom mjerenja unutarnje orijentacije ne možemo utjecati na osvjetljenost ruba snimaka zbog njegovog položaja u instrumentu pa će nam baš na tim mjestima ORIMA javljati najveća odstupanja. U tom slučaju mjerenju rubnih oznaka treba pridoda-

ti osobitu pozornost.

Kod relativne orijentacije moramo paziti na vidljivost, oblik i veličinu detalja koji mjerimo jer se mjerna markica sa njim mora idealno poklapati.

Također tokom mjerenja moramo voditi položajni opis za sve orijentacijske i vezne točke koje smo unijeli u program. Jedino u tom slučaju možemo očekivati željene rezultate.

5. Opis programa orima

Rad sa programom ORIMA sastoji se od niza koraka koje je potrebno kontinuirano izvršavati da bi izmjera kao i sam program funkcionirali i da bi dobiveni rezultati bili u granicama dozvoljenog odstupanja.

Uspjeh u fotogrametrijskom kartiranju ovisi o visokoj produktivnosti u osnovnim radnim operacijama počevši sa orijentacijom i aerotriangulacijom. Velike količine podataka koje uključuju koordinate slika, trigonometrijske točke i GPS koordinate se moraju obraditi. Kroz sve faze kritični zahtjevi su detekcija i eliminacija grubih pogrešaka i minimalizacija ponavljanja postupka.

ORIMA (Orientation Management-upravljanje orijentacijom) – je software koji je razvila tvrtka LH System. ORIMA je bazirana na MS-Windows operativnom sustavu pa je zbog toga učenje korištenja softwarea pojednostavljeno. Pošto je ORIMA razvijena u MS-Windows sustavu, ona u potpunosti iskorištava kvalitete sustava kao što su grafičko sučelje, razvijen sustav pomoći, grafički izlaz na ploter i multijezična podrška.

ORIMA uključuje automatsko ugađanje s instrumentima, moćne statističke alate za detekciju i eliminaciju grubih pogrešaka i identifi-

ciju slabijih područja u bloku. Ona isto tako ima jednostavne, razumljive, lako za korištenje slike za analizu bloka.

ORIMA podržava sve neophodne načine mjerenja za aerotriangulaciju. Za kasnije izjednačenje bloka metodom nezavisnih modela mjerenje se može izvesti u modelu. Greške kontrolnih točaka ne mogu deformirati fotogrametrijski model zato jer se koriste točno definirani modeli apsolutne i relativne orijentacije.

ORIMA-T je osnovna verzija koja ima moćne aerotriangulacijske funkcije. Raspoložive su funkcije za numerizaciju točaka, prepoziciju i mjerenje. Također postoji i široki spektar statističkih analiza. Na drugim ORIMA sustavima mogu se koristiti podaci iz ORIMA-T, što znači da je taj sustav poveziv sa jačim ORIMA sustavima.

Ova mogućnost čini ORIMU-T moćnim analitičkim alatom za aerotriangulacijsko mjerenje.

6. Zaključak

Program ORIMA u dijelu mjerenja snimaka za aerotriangulaciju jednostavan je za učenje i korištenje. U toku mjerenja operater može kontrolirati svaku fazu mjerenja jer se podaci u obliku srednjih pogrešaka ispisuju na monitoru čim je mogoć izračun. Osim toga operater može kad ima dovoljan broj izmjerenih zadanih točaka izvršiti računanje apsolutne orijentacije nezavisnog modela, niza koji je upravo završio ili više nizova.

Literatura

- Braum F. : Elementarna fotogrametrija
- ORIMA, User 's Guide
- Vjekoslav Donassy: Fotogrametrija 2 ■