

# Posodobitev aerosnemanja in digitalne fotogrametrije na Geodetskem zavodu Slovenije d.d.

## Izvleček

*Aerosnemanje in fotogrametrija sta panogi, ki omogočata ekonomičen zajem prostorskih podatkov na ravni kart velikih in srednjih meril. Kljub napredku satelitske tehnike je aerosnemanje za kartografske potrebe omenjenih meril nenadomestljivo. Tehnologija aerosnemanja se je v zadnjih letih hitro razvijala predvsem v smeri uvajanja GPS-ja v navigacijo in določanja perspektivnih centrov posnetkov za potrebe aerotriangulacije. Fotogrametrično skaniranje potrebuje posebne skanerje, ki so bili kljub svoji posebnosti deležni velike pozornosti razvojnih oddelkov. Predvsem so novejši skanerji hitrejši, bolj prijazni do uporabnika in kakovostnejši v smislu skaniranja negativov. Digitalne fotogrametrične postaje postajajo bolj dostopne in zmogljivejše.*

**Ključne besede:** aerosnemanje, aerotriangulacija, avtomatizacija, GPS, skaniranje

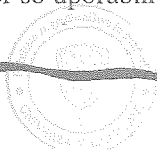
## Abstract

*Aerial survey and photogrammetry are disciplines allowing an economical way of data acquisition from large and middle scale maps. Despite the development of satellite technology, the aerial survey is an irreplaceable tool used for cartographic purposes for the abovementioned scales. In the last years the development of aerial survey has been oriented towards the implementing of GPS in navigation and the determining of perspective photography centers for aerial triangulation. Photogrammetric scanning requires special equipment. Despite their narrow field of application, development teams devoted a lot of attention to the further upgrading of scanners. New scanners are faster, more user-friendly and of a higher quality, when comes to scanning negatives. Digital photogrammetric workstations are becoming cheaper and more powerful.*

**Keywords:** aerial survey, aerial triangulation, GPS, scanning

## 1 UVOD

Z aerosnemanjem že dolga leta zagotavljamo eno od osnovnih podatkovnih baz za potrebe slovenske geodezije ali bolje rečeno slovenske geoinformatike. Aeroposnetki so podlaga za izdelavo GIS-ov (geografskih informacijskih sistemov), načrtov in kart, ter so uporabni še v mnogih drugih aplikacijah. Njihova uporabnost in arhivska



vrednost se znova in znova izkazujeta pri številnih projektih na državni ravni, lokalnih projektih, prav tako pa zadovolji tudi veliko posameznikov. Letos se zaključuje peti triletni cikel projekta CAS (ciklično aerosnemanje). Z investicijo v novo velikoformatno metrično kamero Leica RC30 (Slika 1) sledimo uporabi naj sodobnejše tehnologije daljinskega zaznavanja, kamor spada tudi fotogrametrija, namenjeni za zajem in obnovo osnovnih informacij o prostoru naše države. Logično nadaljevanje aerosnemanja so izdelki na podlagi aerosposnetkov, ki so predmet fotogrametrične proizvodnje linije. Posodobitev fotogrametrije smo prav tako izvedli z investicijo v enega od najkakovostnejših fotogrametričnih skanerjev: LHS (Leica-Helava Systems) DSW300. Posodobili smo digitalno fotogrametrično linijo in povečali zmogljivost izdelave digitalnih ortofoto načrtov 1 : 5 000 in drugih izdelkov digitalne fotogrametrije.

## 2 AEROKAMERA

Uporabniki zahtevajo kakovostnejše izdelke, ki bi bili tudi bolj dostopni in uporabni. Sedanja kamera LMK 1000 je še vedno dovolj kakovostna, vendar je tehnologija v zadnjih petnajstih letih toliko napredovala (sistem GPS-navigacije, načrtovanje in izvajanje aerosnemanja, uporaba GPS-a za izračun projekcijskih centrov, stabilizirano podnožje), da ne bi bilo smiselno te kamere posodabljati, kar bi bilo zelo zahtevno in drago, ob tem pa bi še vedno uporabljali starejšo optiko. V Sloveniji so zahteve do aerosnemanja vse večje. Očitna je potreba po posodabljanju CAS-a. Tudi pri drugih projektih je zaželena večja integracija posameznih proizvodnih linij, povečanje rentabilnosti in zmanjšanje stroškov. Vse to zahteva uvajanje novejših tehnologij in izboljšanje kakovosti.

### 2.1 RC30

Nova aerokamera predstavlja naj sodobnejšo tehnično rešitev na tem področju in omogoča posodobitev velikega dela proizvodne linije. Investirali smo v aerokamero, optični navigacijski sistem, navigacijski sistem GPS, stabilizirano podnožje, sistem za računalniško podprto načrtovanje aerosnemanja. Goriščna razdalja objektiv je 153 mm.

Aerokamera ima objektiv nove konstrukcije z oznako UAG-S. Pomembne lastnosti novega objektiva so predvsem večja resolucija in doseganje optimalnih rezultatov pri odprti zaslonki. To je posebno pomembno pri snemanju temnih predelov (gozdovi) in uporabi filmov z veliko resolucijo, a majhno občutljivostjo. Kamera je vstavljena v žiroskopsko stabilizirano podnožje in ima vgrajen mehanizem za kompenzacijo zamika slike med osvetlitvijo, tako vzdolžno kot prečno na smer letenja. Dva para kaset omogočata kar največjo fleksibilnost pri uporabi filmov. Vgrajen je nov senzor za avtomatsko določanje osvetlitve z zornim poljem 60° in korigirano spektralno občutljivostjo, da je uporaben tudi za snemanje v bližnjem infrardečem področju. S tem je prilagojen uporabi sodobnih črno-belih filmov in IR barvnih filmov.



*Slika 1: Aerokamera z dodatno opremo: LHS – RC30*

## **2.2 Računalniško podprto načrtovanje aerosnemanja**

S programom za načrtovanje in izvajanje aerosnemanja se da izdelati izvedbeni načrt za aerosnemanje že v pisarni, med samim izvajanjem pa je mogoče izbirati vrstni red aerosnemalnih pasov ali blokov. V pisarni je omogočena tudi simulacija izvajanja aerosnemanja in priprava operaterjev za njegovo izvedbo. Pri načrtovanju aerosnemanja se izračunajo tudi načrtovane koordinate perspektivnih centrov. Datoteko načrta aerosnemanja pred izvedbo prenesemo v računalnik v letalu. Vsi parametri načrtovanega aerosnemanja so tako na razpolago operaterju, ki jih po potrebi spreminja tudi med izvedbo.

## **2.3 Navigacija**

Nova kamera ima navigacijski teleskop za optično navigacijo in navigacijski sistem GPS. Oba sistema sta integrirana na enem mestu, tako da lahko operater uporablja oba naenkrat, kar zagotavlja veliko stopnjo kontrole pri izvedbi. Na navigacijskem teleskopu so vse potrebne komande za upravljanje s kamero, zato delo ni več deljeno na navigatorja in snemalca. Pilot med snemanjem opazuje zaslon, ki je terminal operaterjevega računalnika, ter ga opozarja na dovoljeno odstopanje od smeri in višine. Ob prekoračitvi postavljenih odstopanj v smeri sistem ne izvede ekspozicije posnetkov. Te posnetke skupaj z dodatnim preklpom posnamemo kasneje.

## **2.4 Obdelava podatkov GPS-ja**

V sklopu investicije je kupljena programska oprema, ki omogoča izračun projekcijskih centrov iz GPS-meritev v letalu in na referenčni točki ter vključevanje teh podatkov v izravnavo aerotriangulacije. Kontrolna enota z računalnikom beleži podatke iz GPS-sprejemnika, iz aerokamere in podnožja. Če imamo na območju snemanja še zemeljsko GPS-postajo, lahko izračunamo koordinate perspektivnih

centrov. Če pa imamo le oddaljeno GPS-postajo, potrebujemo še prečne pasove za blok. V obeh primerih lahko zmanjšamo število oslonilnih točk. To je pomembno zaradi kontrole izvedbe, še pomebnnejša pa je uporaba teh meritev v procesu aerotriangulacije.

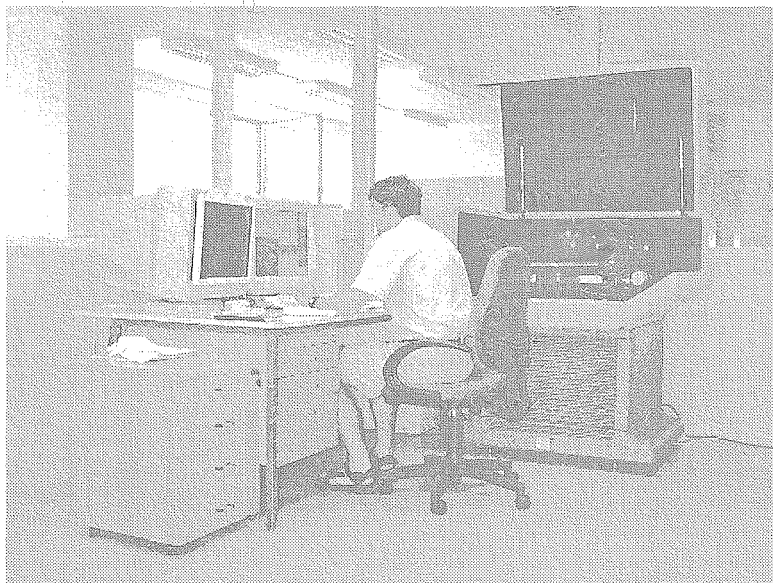
### 3 SKANER

Analogne aeroposnetke, t. j. filme, je treba za uporabo v digitalni fotogrametriji skanirati. V praksi so filmi barvni, črno-beli ali infra rdeči, negativi ali pozitivni ter posneti v zelo različnih pogojih za različne namene in potrebe. Pred skaniranjem grede filmi seveda še skozi fotografske procese, ki tudi vplivajo na njihovo kakovost.

Originali aeroposnetkov so neprecenljive vrednosti kot objektivni dokument prostora in časa.

#### 3.1 DSW300

Prvi fotogrametrični skaner smo kupili leta 1993, razvili pa so ga v drugi polovici osemdesetih let. Od takrat je skaner DSW100 dobil že dva naslednika: DSW200 in DSW300. Investirali smo v slednjega, ki omogoča tudi skaniranje iz zvitka, t. j. brez razreza originalnega filma na posamezne posnetke ali izdelave vmesnih filmov. Poleg omenjenega je novi model približno osemkrat hitrejši.



*Slika 2: Skaner in digitalna fotogrametrična postaja: LHS – DSW300*

Nekateri osnovni parametri skanerja DSW300 so: nastavljivost velikosti najmanjšega slikovnega elementa na slikovni ravnini CCD kamere je od 4 do 20  $\mu\text{m}$ , seveda pa so skanogrami lahko poljubne resolucije, vendar običajno ne večje od nastavljive. Geometrična natančnost je 2-3  $\mu\text{m}$ . Radiometrična ločljivost je 10 bitna, vendar večinoma uporabljamo le standardizirano 8 bitno.

### 3.2 Programska oprema za skaniranje

Poleg strojne opreme skanerja je zelo pomembna programska oprema za skaniranje, ki omogoča skaniranje iz vseh vrst filmov in uporabniku prijazen vmesnik. Programska oprema omogoča upravljanje skaniranja prek projektov, kjer se definirajo vsi parametri skaniranja, kot so resolucije, pozitiv ali negativ, format, velikost skanograma, transformacija pri notranji orientaciji, imena datotek, post-procesiranje slik, shranjevanje slik, osvetljenost, zaslonka, ...

### 3.3 Obdelava skanogramov

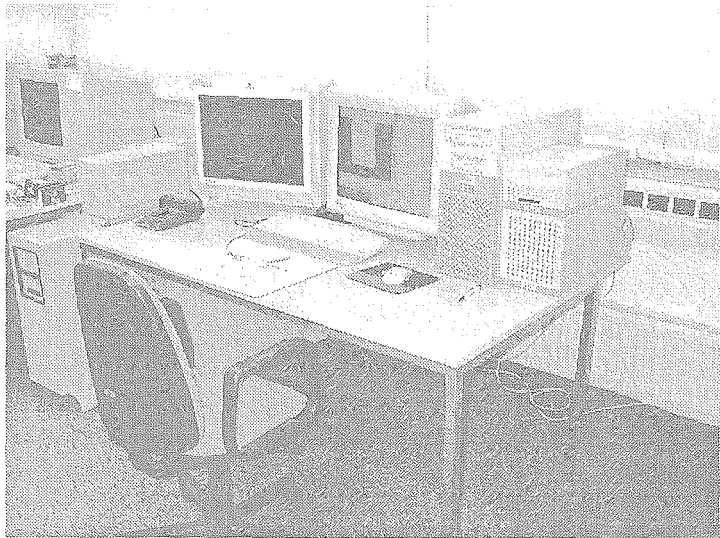
Za obdelavo skanogramov je predvsem pomemben elektronski izenačevalec, namesto katerega se pri analognih izdelkih uporablja instrument, ki je hkrati kontaktni kopirnik in izenačevalec slike: scenatron. Elektronski izenačevalec zmanjšuje vpliv nekaterih učinkov osvetlitve na posnetke, ter izenačuje svetlobno in barvno različne posnetke.

## 4 DIGITALNA FOTOGRAMETRIČNA POSTAJA

S povečanjem deleža skanogramov v fotogrametrični obdelavi v primerjavi z analognimi posnetki je bilo treba povečati zmogljivosti za obdelavo teh posnetkov. Ob dveh sedanjih digitalnih postajah bomo na novi digitalni fotogrametrični postaji lahko izvajali vse procese, ki jih zahteva digitalna fotogrametrija in povečali proizvodnjo DOF-a ter drugih fotogrametričnih izdelkov.

### 4.1 Avtomatizacija aerotriangulacije

Nova digitalna fotogrametrična postaja poleg že znanih operacij omogoča še digitalno aerotriangulacijo in uporabo GPS-podatkov, dobljenih z meritvami med aerosnemanjem, tako na letalu kot na tleh, za izračun koordinat perspektivnih centrov oz. za zmanjšanje števila oslonilnih točk za izvedbo aerotriangulacije.



*Slika 3: Digitalna fotogrametrična postaja: LHS – DPW770*

Avtomatizacija aerotriangulacije se uveljavlja predvsem v avtomatskem iskanju in zajemu veznih točk. Operaterjevo znanje oz. kakovost lociranja veznih točk na posnetek algoritem avtomatizacije zamenja s kvantiteto, t. j., da namesto minimalnih devetih točk na posnetek izračuna več deset točk v okolici Gruberjevih idealnih mest. Seveda pa programska oprema vsebuje tudi statistične teste in izločitvene pragove za slabo določene vezne točke. Operater je seveda še vedno potreben, vendar sedaj le kontrolira proces po končanem avtomatskem postopku. Namen avtomatizacije je krajšanje postopka zajema veznih točk pri aerotriangulaciji.

#### 4.2 Pravi ortofoto

Pravi ortofoto je tisti, kjer objekti niso nagnjeni, t. j., na sliki ne opazimo vertikalnih površin (npr. sten stavb), ker se pri izračunu upošteva digitalni model višin (DMV), ki poteka po površini vseh objektov. Pri pravem ortofotu tudi drevesa niso nagnjena, kar popravlja tudi učinek pomika gozdne meje v smeri nagnjenih dreves. Zgrajene objekte je treba za ta namen zajeti linijsko, kar pa je že del zajema fotogrametričnih podatkov za potrebe registra stavb. Tako bi imeli dva višinska modela, enega (DMV) za generiranje pravega ortofota in drugega (DMR) za predstavitev reliefa brez vegetacije in drugih objektov na zemeljski površini. Slednji bi se uporabljal za razne prestavitve in analize.

#### 5 ZAKLJUČEK

Digitalna fotogrametrija iz leta v leto povečuje svoj delež v proizvodnji fotogrametričnih izdelkov. V razvoju je prevzela vodilno mesto že pred nekaj leti, v proizvodnji pa se to dogaja danes.

Recenzija: mag. Tomaž Gvozdanović  
mag. Janez Oven

mag. Vasja Bric, mag. Darko Tanko  
Geodetski zavod Slovenije, d.d., Ljubljana

Prispelo za objavo: 1999-08-20

## Izobraževalno središče za geomatiko

### Izvleček

Projekt ONIX, ki ga vodi Ministrstvo za okolje in prostor, vključuje tudi podprojekt Izobraževalnega središča za geomatiko. Ta pripravlja in izvaja usposabljanja, ki so povezana s tematikami projekta: geomatiko, upravljanjem z nepremičninami, prostorskim planiranjem, okoljevarstvenimi vidiki planiranja, geoinformacijsko infrastrukturo in managementom v geomatiki. Program je oblikovan stopenjsko v predstavitevno, temeljno in razširjeno raven ter je prilagojen različnim ciljnim skupinam v državi, lokalni in