

# IZDELAVA DIGITALNIH ORTOFOTO NAČRTOV NA FOTOGRAMETRIČNEM SISTEMU LEICA-HELAVA

Tadeja Vengar  
Geodetski zavod Slovenije, Ljubljana  
Prispelo za objavo: 16.9.1994

## Izveleček

Opisane so praktične izkušnje pri izdelavi digitalnih ortofoto načrtov na delovnih postajah Leica-Helava DSW 100 in DPW 770 s poudarkom na posameznih fazah delovnega procesa in možnostih prilagoditve izdelka specifičnim zahtevam različnih uporabnikov.

**Ključne besede:** digitalna fotogrametrična postaja, digitalni ortofoto, Geodetski dan, natančnost, postopki, programska oprema, Radenci, 1994

## Abstract

Described are some practical experiences of digital orthophoto maps elaboration on the workstation Leica-Helava digital scanning workstation DSW 100 and digital photogrammetric workstation DPW 770. The emphasis is on individual phases of the working process and possibilities of adapting the product to specific requirements of individual users.

**Keywords:** accuracy, digital orthophoto, digital photogrammetric workstation, Geodetic workshop, processes, Radenci, software, 1994

## 1. UVOD

V lanskem letu smo na Geodetskem zavodu Slovenije kupili digitalno fotogrametrično postajo in skaner Leica-Helava. Omogočata izpeljati celoten proces, od skaniranja analognih posnetkov, avtomatskega generiranja digitalnega modela reliefa (DMR), izdelave mozaika do končnega produkta izdelave ortofota, pa tudi digitalizacijo karakterističnih linij, superimpozicijo, stereoskopsko gledanje in opremljenje kart.

## 2. OPIS DSW 100 in DPW 770

DSW 100 je digitalna fotogrametrična postaja s skanerjem, ki opravlja dve nalogi, natančno geometrično in radiometrično skaniranje črno-belih in barvnih diapozitivov ali negativov do formatov 250x250 mm in avtomatsko merjenje veznih in kontrolnih

točk za aerotriangulacijo. Poleg tega pa tudi kalibracijo skanerja, uporabo kalibracijskih poročil snemalnih kamer pri notranji orientaciji posnetka, skaniranje celega posnetka in dela posnetka ter prenos podatkov prek mreže ali magnetnega traku.

Strojna oprema sistema:

- PC 486 z 32 MB RAM-a in diskom z 3,2 GB spomina
- dva barvna monitorja z grafično kartico VGA
- 8-mm tračna enota – 2GB
- miš
- digitalnik
- skaner s kontrolno enoto.

Skaner omogoča skaniranje črno-belih in barvnih posnetkov do velikosti 250 mm, z geometrično ločljivostjo 2-3 m in radiometrično 256 sivih vrednosti. Vgrajeni skaner ima dve kameri CCD, ki omogočata skaniranje z dvema resolucijema: 1 250 in 2 000 dpi. S spreminjanjem razdalij kamere CCD od slikovne ravnine lahko spreminjamo velikost piksla. Ker je osvetlitev pri skaniranju filmov pomemben element, ki vpliva na metričnost, je pri SDW 100 izvor svetlobe v posebni kontrolni enoti. Hladna svetloba se prenaša po optičnem kablu, s tem film tudi po večkratnem skaniranju ne spremeni dimenzij.

Programska oprema DSW 100:

- UNIX operacijski sistem
- X Windows/Motif uporabniški vmesnik
- prevajalnik za programski jezik C
- programski moduli:
  - SCAN (omogoča skaniranje)
  - DCCS (avtomatizirano merjenje veznih točk za aerotriangulacijo)
  - VIEW (omogoča gledanje skaniranih slik na dva načina: mono in slika ob sliki)
  - MAINT (omogoča kalibracijo skanerja)
  - ALBANY (aerotriangulacija – blokovna izravnava s snopi).

DPW 770 je digitalna fotogrametrična postaja, ki omogoča izdelovanje vseh klasičnih fotogrametričnih produktov. Podatke, ki so skanirani analogni posnetki ali SPOT slike, uporabi za izdelavo podatkovne baze in izdelkov, kot so DMR, ortofoto, vektorska baza, rastrske karte ali mozaik. Vsebuje prek štirideset funkcij, ki v medsebojni povezavi sestavljajo delovni proces od vnosa slik, avtomatske izdelave DMR-ja, interaktivnega editiranja DMR-ja, digitalizacije karakterističnih linij reliefa, 3D merjenja točk, tonske izboljšave slik, izdelave ortofota, mozaika, do izhoda izdelkov v formatih TIFF, TARGA, VITec, Tiled, plain raster, Helava scanner, JFIF, COT, DGN in Sun Raster.

Strojna oprema DPW 770:

- Sun SPARCstation 10, 32 MB spomina in disk 5,3 GB spomina
- 8-mm tračna enota – 5GB
- 19-colski 8-bitni barvni zaslon

- barvni stereo zaslon Tektronix 625-G z Vitec slikovnim procesorjem, 16 MB spomina
- sledilna krogla
- miš.

Stereoskopsko opazovanje omogoča pasivna polarizacija z uporabo polarizacijskega zaslona in očal. Prek grafičnega zaslona je nameščen polarizacijski filter. Zaslon prikazuje sliki s frekvenco 120 Hz, kar pomeni, da vsako oko zazna svojo sliko s frekvenco 60 Hz. Leva slika je polarizirana v eni smeri, desna pa pravokotna na to, očala, ki jih nosi operater, so polarizirana tako, da prepuščajo v levo oko samo levi posnetek in v desno samo desni posnetek, kar omogoča stereoskopsko gledanje.

Programska oprema DPW 770:

- Unix operacijski sistem
- X Windows/Motif uporabniški vmesnik
- prevajalnik za programski jezik C
- programski moduli:
  - CORE (osnovne fotogrametrične operacije)
  - SPOT (obdelave slik SPOT)
  - TERRAIN (izdelava in popraviljanje DMR-ja)
  - ORTHOIMAGE (izdelava ortofota in mozaika)
  - FEATURE/GIS (zbiranje podatkov za GIS).

Maximalna velikost slike, ki jo še lahko obdelujemo, je 2 GB. Črno-bela slika je shranjena in prikazana z 256 sivimi vrednostmi. Slikovne piramide omogočajo povečave in pomanjšave. Superimpozicijo omogoča združenje rastrskih in vektorskih podatkov na stereo in kontrolnem monitorju. Na delovni postaji imamo lahko hkrati prikazane štiri slike (dve na stereo in dve na kontrolnem monitorju), ki jih lahko neodvisno obdelujemo. Kvaliteto slik izboljšamo s spreminjanjem kontrasta ali svetlosti. Slike lahko opazujemo stereoskopsko, mono ali sliko ob sliki (split screen). Stereoskopsko opazovanje modelov nam omogoča opravljanje funkcij, kot so priprava za avtomatsko izdelavo DMR-ja, 3D pozicioniranje, editiranje DMR-ja, izris karakterističnih linij v 3D, 3D digitalizacija.

### 3. ZAPOREDJE POSTOPKOV NA DELOVNIH POSTAJAH DSW 100 in DPW 770 OD SKANIRANJA ANALOGNIH POSNETKOV DO IZDELAVE ORTOFOTA

Skaniiranje in orientacijo posnetkov naredimo na DSW 100. Za notranjo orientacijo, s katero določimo povezavo med slikovnimi koordinatami in skanerjem, potrebujemo koordinate robnih mark iz kalibracijskega poročila kamere. Relativna orientacija se izvaja v ozadju v času zajemanja podatkov za aerotriangulacijo. Za absolutno orientacijo, s katero vzpostavimo odnos med terenskimi in slikovnimi koordinatami, potrebujemo terenske koordinate kontrolnih točk. Vezne in kontrolne točke operater na posnetku identificira le enkrat, na naslednjih posnetkih so te točke najdene avtomatsko ali polavtomatsko z delno pomočjo operaterja na podlagi navzkrižne korelacije. Orientacijske elemente (Gauss-Kruegerjeve koordinate projekcijskih centrov in vse tri zasuke) izračunamo z aerotriangulacijo. Skanirane slike prenesemo prek mreže na DPW 770, kjer jih paroma normaliziramo, t.j. orientiramo sliki v epipolarno ravnino, kar pomeni, da vrstice v slikah tečejo vzporedno z x-osjo. S tem

povečamo natančnost avtomatskega izračuna DMR-ja, operaterju pa olajšamo stereo opazovanje.

Določitev točk DMR-ja je najpomembnejši proces, saj je le-ta pomemben za postopke izdelave digitalnega ortofota in določanje karakterističnih linij. Izdelovanje poteka v dveh fazah, avtomatski izračun in interaktivno popravljanje.

V prvem delu določimo le območje, strategijo in gostoto točk. Strategijo določevanja izberemo glede na vrsto terena: raven, razgiban ali hribovit. Na enem modelu lahko določimo več območij z različnimi strategijami in različno gostoto točk. Izračunane DMR-je iz enega ali večih modelov lahko med seboj združujemo (prevzame se največja gostota točk), zgoščujemo (interpolacija) ali redčimo (srednja vrednost). Vsaka točka DMR-ja dobi poleg višine oznako, ki nam pove, ali je bilo avtomatsko merjenje dobro, vprašljivo ali slabo. S superimpozicijo DMR-ja v obliki plastnic, točk ali mreže prek stereomodela pregledamo DMR in ga po potrebi popravimo z različnimi editorji:

- statični (točko po točko), najbolj natančni editor, zahteva pa veliko časa; uporabljamo ga predvsem na poraščenih terenih in tam, kjer drugi odpovedo,
- glajenje po območjih (glede na višino, okolico poligona, konstantno vrednost, interpolacijo), če lahko na večjem območju uporabimo isto metodo,
- določevanje skladnosti z geomorfološki oblikami, če imamo razgiban, hribovit teren, popravljamo teren po padnicah, grebenih.

Največ časa porabimo prav za popravljanje DMR-ja. Za izdelavo digitalnega ortofota potrebujemo digitalno sliko in DMR. V proces lahko vključimo le en DMR (če jih imamo za določeno območje več, jih predhodno združimo). Glede na ločljivost vhodne slike, merila snemanja in namena končnega izdelka določimo velikost piksla ortofota. Velikost ortofota omejimo z vnosom vogalnih koordinat, drugače je prevzeta velikost DMR-ja. Ortofoto se orientira vedno po DMR-ju, t.j. S-J. Če kot vhodni podatek za izdelavo ortofota izberemo več digitalnih slik, lahko izbiramo med dvema možnostima:

- ortofoto naredi iz prve slike, ki je na seznamu. Naslednjo iz seznama izbere, če je območje ortofota večje kot prva slika,
- izbere podatek iz slike, ki mu je bližja (most nadir). Tki. avtomatski mozaik je zelo hiter, geometrično natančen, ne naredi pa tonske izravnave. Z mozaikom združimo skupaj več ortofotov. Med dvema ortofotoma določimo linijo, vzdolž katere bo potekala združitev, omejimo območje na ortofotu, ki bo vključen v mozaik, in določimo širino pasu, kjer se bo izvajalo geometrično in radiometrično usklajevanje. Združimo lahko poljubno število ortofotov, seveda v okviru zmogljivosti diska ali tračne enote. Z vnosom štirih vogalnih koordinat definiramo končni ortofoto.

#### 4. ZAKLJUČEK

Izdelava digitalnega ortofota na DSW 100 in DPW 770 je enostaven, hiter in natančen postopek. Že v nekaj urah lahko dobimo iz analognega posnetka digitalni ortofoto načrt. Natančnost, ki jo dosežemo, je zadovoljiva. Zavedati se moramo, da je odvisna od mnogih dejavnikov: kalibracije kamere, atmosfere refrakcije, spremembe filma od ekspozicije do skeniranja, optike oz. mehanizma skanerja,

izbrane resolucije skaniranja, terenskih točk, aerotriangulacije, izkušenosti operaterja, korelacije pri avtomatski izdelavi DMR-ja ...

Če privzamemo, da so terenske koordinate določene v mejah zahtevane natančnosti, nam sistem zagotavlja natančnost planimetričnih koordinat 1,0-3,0 x ločljivost slike in višinsko 0,4-2,0 x ločljivost slike. Pri preverjanju natančnosti pri naših izdelkih smo ugotovili, da je natančnost izdelanega digitalnega ortofota enaka lastni natančnosti vektorskih kart in načrtov v izbranem merilu. To pomeni, da ga lahko uporabljamo tako skupaj z vektorskimi kartami za izdelovanje in reambulacijo le-teh in samostojno za interpretacijo različnih vsebin enako kot same aeroposnetke.

**Viri:**

*Helava, DPW, Users Manual.*

*Helava, DSW, Maintenance Manual.*

*Helava, DSW, Users Manual.*

*Recenzija: Mojca Kosmatin-Fras  
Irena Požnel*

## Vodenje strojev TBM v predoru pod Rokavskim prelivom

Kot geodet ste se gotovo kdaj vprašali, kako poteka sodoben način gradnje velikih predorov. Predor pod Rokavskim prelivom je kot eden največjih gradbenih projektov 20. stoletja zadnji vrhunec na tem področju. Prav v dnež, ko boste brali ta članek, naj bi predvidoma po predoru stekel tudi potniški promet.

Gradnja predora pod Rokavskim prelivom, ki se ga je že prijelo ime Chunnel (skovanka iz besed CHannel tUNNEL), je bil ogromen projekt, ki je poleg samega predora vključeval tudi izgradnjo potniških in tovornih terminalov na obeh straneh predora, izgradnjo priključnih cest in dovozov in podobno. Članek se omejuje le na geodetska dela v zvezi s predorom s posebnim poudarkom na kratkem opisu postopka avtomatiziranega vodenja strojev TBM za vrtnanje predorov. Chunnel sestavljajo trije predori. Oba glavna predora imata premer 7,6 metra in sta med seboj oddaljena približno 30 metrov. Na sredini med njima je servisni predor premera 4,8 metra. Vsi trije predori so med seboj povezani s prečnimi prehodi na vsakih 375 metrov. Poleg tega sta glavna predora na vsakih 250 metrov povezana s kanali za izravnavo zračnega tlaka, ki kompenzirajo spremembe zračnega tlaka zaradi vožnje hitrih vlakov. Od skupne dolžine približno 50 km leži približno 37 km predora pod morsko gladino, 10 km pod površjem na angleški in 3 km na francoski strani predora.

Izvedena geodetska dela pri izgradnji Chunnela lahko razdelimo v pet glavnih skupin:

1. Določitev mreže fiksnih točk na površju v primernem koordinatnem sistemu, ki so služile za vzpostavitev kontrolnih geodetskih točk ob obeh vhodih v predor.
2. Prenos geodetske mreže s površja v predor.
3. Usmerjanje vrtnalnih strojev.