

UDK 528.721.126.088(253)  
528.721.126.003(253)  
Originalni znanstveni rad

## ZNAČENJE STEREOORTOFOTOPLANOVA ZA ŠUMSKE REGIJE UMJERENIH ZONA (MATEMATSKO TEHNIČKI I EKONOMSKI ASPEKTI)

Zdenko TOMAŠEGOVIĆ — Zagreb\*

### 1. OPĆENITO

Za izrazito šumovit predjel zapadnog dijela Jugoslavije (Gorski kotar) izrađena je do 1930. signaturna osnovna državna karta u mjerilu 1:5000 na osnovu pankromatskih ljetnih aerosnimaka približnog mjerila 1:15.000 (objektiv UAg; kamera Wild RC 10). Iz istog aerofotomaterijala izabrana su tri tripleta na temelju kojih su izrađene g. 1982. 3 ortofotografije (1:5000) i 6 pripadnih stereopartnera procesiranjem na instrumentu avioiplan Wild OR 1 programom SORA OP (dotično SORA-OPS) pri Institutu za fotogrametriju Tehničke univerze u Beču.

Aerosnimak, fotoskice, fotoplan, a naročito ortofotoplan brdskih, dakle najraširenijih staništa šume s obzirom na korektan kartografski prikaz na tim posljednjim, bogato su snabdjeveni informacijama o šumskoj i ostaloj vegetaciji koje mogu poslužiti vrlo djelotvorno u više svrha. Jedna od njih je iscrpno prikazana u [7] u vezi s izradom pouzdanih sastojinskih karata. Pri izradi signaturne osnovne državne karte nastojimo uvesti u Jugoslaviji doradu minimalnog nužnog sadržaja te karte [10], propisanog po državnim institucijama, takvim informacijama o šumskoj i travnjačkoj vegetaciji (vegetacijske cjeline, ekotopi šuma i travnjaka, katalog tala) koje su potrebne za buduće što racionalnije gospodarenje s prirodnim bogatstvima. Odgovarajući fotointerpretatori studiraju, pronalaze i delineiraju te jedinice na fotoskicama da bi ih restitutori unijeli u oleate koje pripadaju pojedinim listovima osnovne državne karte.

Može se pri tome postaviti pitanje: što je brže, jeftinije i pouzdanije za šumske regije: izraditi delineirane ortofoplanove s pripadnim stereopartnerima ili signaturnu osnovnu državnu kartu s pripadnim oleatama?

Pokušavam odgovoriti ili bar dati prilog rješavanju tog pitanja pa smo u Katedri za geodeziju\* Šumarskog fakulteta u Zagrebu podvrgli usporedbenom istraživanju ortofotografije (sa stereopartnerima) i signaturnu osnovnu državnu kartu.

\* Adresa autora: Prof. dr Zdenko Tomašegović, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Šimunska cesta 25

\* Institutuska mjerenja izvršena su suradnjom dipl. inž. Zvonimira Horvatića, stručnog suradnika.

Što se tiče geometrijske pouzdanosti umjesto ispitivanja samo položajne točnosti odlučio sam se na raščlanjenje takvog postupka na faze koje obuhvaćaju ispitivanje: točnosti dužina, stupnja konformnosti, te stupnja ekvivalentnosti obiju podloga sa željom da eventualno dođem do strožih, a i postignem detaljne kriterije pri geometrijskoj usporedbi ortofotografija i osnovne državne karte. Usporedbeno je ispitana i čitljivost i ekonomičnost, a posebno je istražena mogućnost i pouzdanost mjerenja visina u stereoortofotografijama zrcalnim stereoskopom na rasklapanje i stereomikrometrom.

Ortofotografije i stereopartneri preslikani su sa repro-filmova (na poliesteru) na fotopapir također na poliesterskoj bazi, dakle na podlogu uglavnom slobodnu od deformacija. Osnovna državna karta upotrebljena je samo svojim situacijskim dijelom (matrica u crnoj boji) na stabilnoj, transparentnoj foliji bez nazivlja.

Za izradu stereoortofotografija bilo je na raspolaganju dovoljno geodetskih informacija (za zadane trigonometrijske točke, za novo određene u god. 1981. i za pojedine, prije aerosnimanja u god. 1976., signalizirane i u toku izrade osnovne državne karte određene »naknadne« trigonometrijske točke) tako, da se moglo prigodom restitucije profiliranjem primijeniti numerička apsolutna orijentacija. Formati središnjih (n) ortofotografija u tripletima ( $n - 1$ , n,  $n + 1$ ) u mjerilu 1:5000 iznosili su a)  $70 \times 65$  cm, b)  $70 \times 72$  cm i c)  $70 \times 75$  cm i nisu obuhvatili cijelo područje izvornih snimaka formata  $23 \times 23$  cm. Po svakoj ortofotografiji mjereno je u izvornim stereomodelima 88 profila dužine 744 mm razrezom od 8 mm. Nagibi terena dosižu mjestimično i do preko  $60^\circ$  ( $200\%$  i to na rubu) dotično  $40^\circ$  ( $= 85\%$ ; približno u središtu ortofotografije). Nagib stijene od  $200\%$  na rubu jedne ortofotografije izazvao je zamućenje slike.

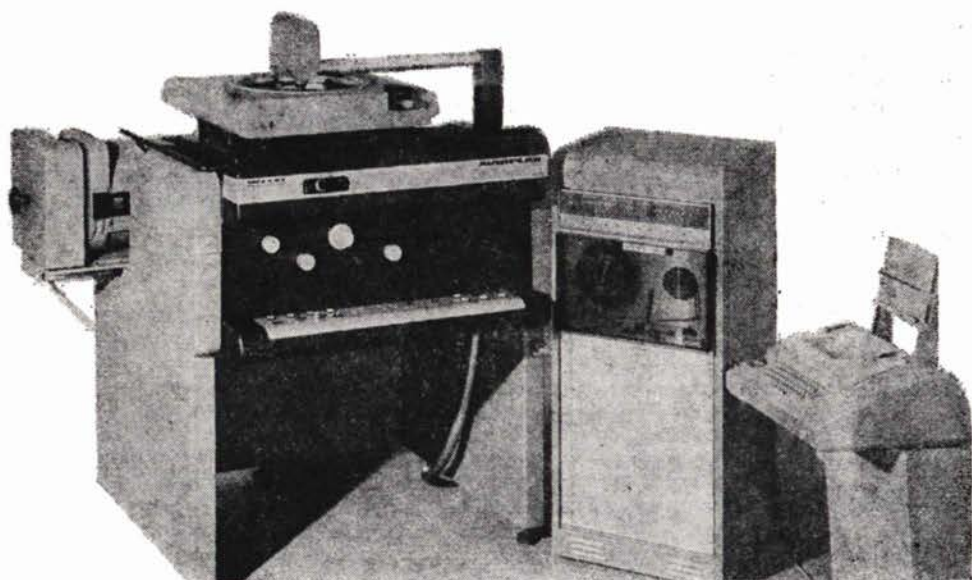
Na području jedne od ortofotografija visinske razlike zemljišta iznose  $17\%$  od visine snimališta. Na tom je području ujedno i najveći postotak šumovitosti (visoke šume pod listom; oko  $90\%$  površine).

Primjenom stereoortofotografije postiže se najveća moguća »demokratizacija« fotogrametrije. Relativno točnija kartiranja i mjerenja mogu provesti lako i stručnjaci s manjom fotogrametrijskom izobrazbom (geolozi, šumari, pedolozi, geografi . . .), a stereoinstrumenti nižih redova (stereoskop na rasklapanje sa stereomikrometrom, aviopret Wild APT 1, stereopret Zeiss, ortister (IGN) stereograph Rost. . .) nalaze svoju punu primjenu za takva točna mjerenja.

Upotreba stereoortofotografije omogućuje točan obračun površina, trasiranja prometnica direktno u stereomodelu, ali i izradu pouzdane konvencionalne podloge kopiranjem na prozirnu foliju za one slučajeve kad se ne želi ili ne može biti bez signaturne kartografske podloge.

Za šumarsku kartografiju zbog direktnog uočavanja parametara vegetacije (vrste drveća, uzrast, starost, sklop, broj stabala) mogu biti stereoortofotografije od najvećeg značenja za pouzdano izlučivanje sastojina [7] ili pouzdano kartiranje vegetacijskih cjelina i ekotopa šuma i ekotopa travnjaka s katalogiziranim tlima uz djelomičnu terensku verifikaciju i dopunu fenomena interpretiranih iz aerosnimaka. Korektna visinska predodžba dobiva se uz pomoć stereopartnera; no za korisnike koji još nisu svladali stereoskopsko promatranje i mjerenje nema zapreke da se u ortofotoplan uključe i posebno kartirane slojnice.





Slika 1.

## 2. IZRADA ORTOFOTOGRAFIJA

Snimci ravnog terena redresiraju se («uobličavaju») odjednom, svojim cijelim formatom (totalno redresiranje); snimci brdovitog terena redresiraju se element po element (diferencijalno redresiranje). U prvom slučaju rezultat je fotoplan (fotokarta) koja je u stvari skup (mozaik) redresiranih pojedinačnih snimaka (obuhvaća zemljišni prostor propisan podjelom na listove državne teritorije); u drugom slučaju rezultat je ortofotografija; dotično ortofotoplan (ortofotokarta) ako su ortofotografije sjedinjene u odgovarajuću cjelinu. Ortofotografije dijela Gorskog kotara koje su bile predmetom naših istraživanja izrađene su avioplanom Wild OR 1 danas najsavršenijim elektronsko-fotogrametrijskim sustavom. U avioplan uloženi (v. gornji dio instrumenta) originalni film (ili njegova transparentna kopija) slikovno se transformira i to element po element na reprofilm (koji će se kopirati na fotopapir) montiran na rotirajući bubanj (v. stražnji dio instrumenta). Taj film je konačni proizvod diferencijalnog redresiranja; geometrijski daje ortogonalni tlocrt u željenom mjerilu bez ikakvih izobličenja bilo onih radi razvedenosti terena (linearne radijalne prvotne deformacije (izmještanja) bilo radi kososti ravnine filma u kameri u momentu ekspanze. Slika koja se dobije na tom filmu optički je prenesena transformacijom s uloženog izvornog filma tako, da se za svaki element slike mijenja zaokret (Dove prizmom) i povećanje (dvostruki zoom sustav). Koliko će se koji element izvorne slike zaokrenuti i povećati (ili smanjiti) i koji je to element, određuje se u elektronskoj jedinici (desno od instrumenta v. sl. 1) koja sadrži procesno računalo i magnetsku vrpcu sa slikovnim koordinatama krajnjih točaka spomenutih dužina (elemenata). Analitička (geometrijska) povezanost odgovarajućih linearnih elemenata slike (uložena fotografija) i projekcije (ortofotografija) poznata je, te je osnova za provođenje redresiranja proces-

nim računalom. Dodaju li se svakoj točki zemljišta ortofotografije x-paralakse koje su proporcionalne s visinama tih točaka dobit će se novi proizvod t.j. stereopartner. Promatran — uredno orijentiran — zajedno s pripadnom ortofotografijom daje optički model snimljenog zemljišta na kojem se može i običnim zrcalnim stereoskopskom principijelno točno i jednostavno mjeriti.

Par difirencijalno redresiranih aerosnimaka od kojih je jedna ortofotografija, a drugi geometrijski modificiran s instrumentalno dodatnom x-paralaksom zovemo stereoortofotografijom.

### 3. TOČNOST DUŽINA

Istraživanja su provedena na temelju:

a) sedam dobro definiranih polja naravnih detaljnih točaka na prirodnim (enkaviranim) zemljištima. Prostorne koordinate X, Y, Z tih (iskolčenih) točaka određene su paralaktičkom metodom (teodolit Wild T 2, bazisna letva, signalne značke); ukupno 38 točaka (u god. 1982.).

b) dvanaest još prije aerosnimanja signaliziranih trigonometrijskih točaka trećeg i četvrtog reda. Uzeto je osam također signaliziranih (tzv. naknadnih) točaka koje su dobile svoje koordinate u toku aerotriangulacije dakle samo sobnim, radom,

c) dvadesetijedna dužina određena paralaktičkom metodom,

d) dvadesetosam dužina identificiranih na ortofotografijama dotično osnovnoj državnoj karti te izmjerene na terenu čeličnom 25-m vrpcom.

Za ispitivanje točnosti dužina stajale su nasuprot dužinama koje su definirane od a) do d) ili direktno ili su iz koordinata izračunate (treba), na raspolaganju vrijednosti s ortofotografije određene iz mm-koordinata krajnjih točaka odgovarajućih dužina (jest) očitanih pod mikroskopom koordinatografa autografa Wild A 8 ili dužine (manji dio) određene mm-linealom s pripadnim trokutićem i noniusom (točnost čitanja  $\pm 0,05$  mm).

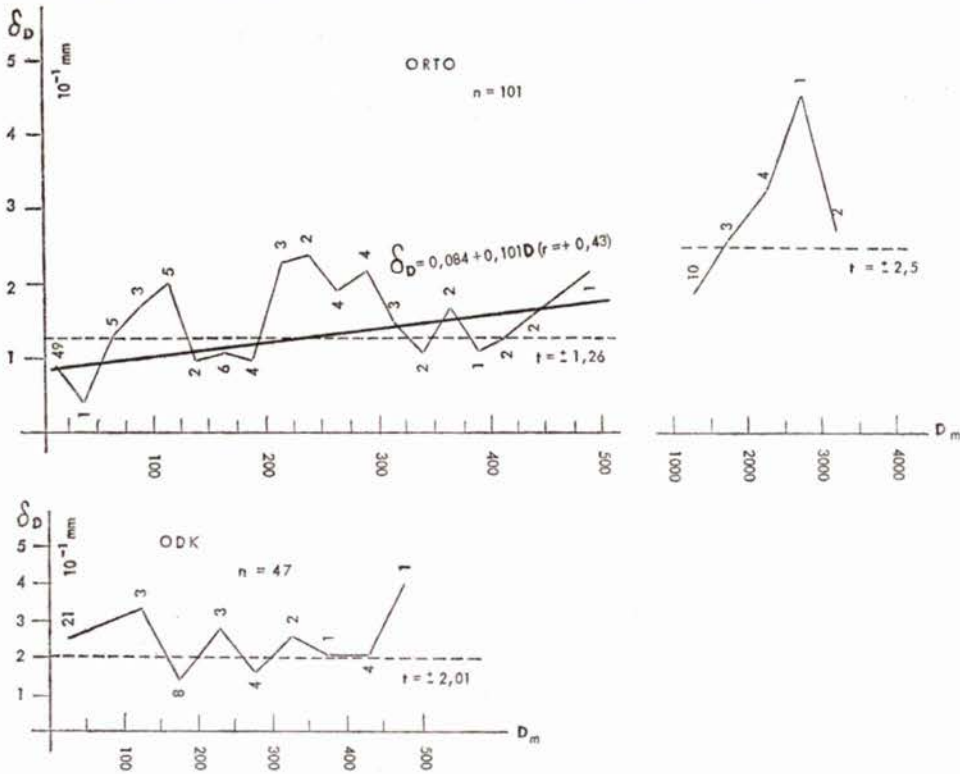
Komparacijom dužina tih dvaju sustava (treba — jest) dobili su se podaci (odstupanja  $\delta_D \cdot 10^{-1}$  mm) koje predočuje sl. 2 »Susjedna točnost« (dužine do 500 m) relativno je velika te za ortofotografiju iznosi u prosjeku  $t = \pm 1,26$  (srednja pogreška  $m = \pm 1,57) \times 10^{-1}$  mm; za trigonometrijske strane dužine 1—4 km ta je točnost manja te iznosi  $t = \pm 2,4 \times 10^{-1}$  mm. Srednja slučajna pogreška tlocrtnog položaja krajnjih točaka bit će uglavnom ista. U poligonu pogrešaka naznačene su frekvencije opažanja.\*

Susjedna točnost za listove ODK iznosi u prosjeku  $t = \pm 2,01$  ( $m = \pm \pm 2,51$ ).  $10^{-1}$  mm.

Izračunao sam i regresijski pravac koji bi imao opisati zavisnost odstupanja od veličine kompariranih dužina D. ( $\delta_D = 0,084 + 0,101 D$ ). Korelacijski koeficijent je pozitivan (+ 0,43) i ukazuje na to da bi se eventualno mogla prihvatiti pretpostavka da odstupanja rastu blago linearno s veličinom dužine.

\* Uočene su, ali neprotumačene, četiri grube pogreške ( $> \pm 3m$ ) duljina preslikanih trigonometrijskih strana (1 do 4 km)

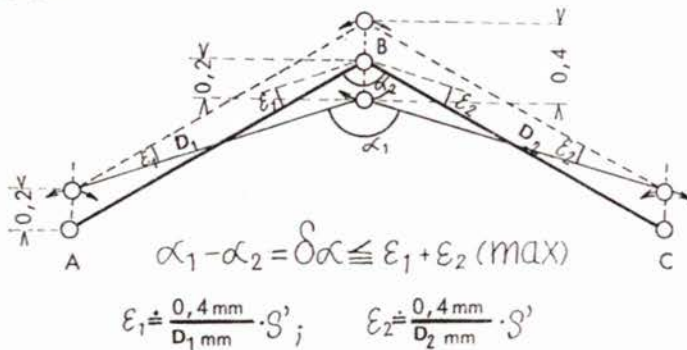




Slika 2.

#### 4. STUPANJ KONFORMNOSTI

Sličnost likova na ortofotografiji te signaturnoj karti s onima istinskima ispitana je pomoću sličnosti kuteva koji su jedanput mjereni na terenu sekundnim teodolitom Wild T 2, a s druge strane određeni iz mm-koordinata odgovarajućih točaka na ortofotografiji (55 kuteva) dotično na karti (njih 21) očitanih na koordinatografu autografa Wild A8. To su sustavi točaka a) do c) iz prethodnog odjeljka.



Slika 3.

U pomanjkanju prikladnog izraza za toleranciju konformnosti u kartografskoj literaturi izveo sam formulu za maksimalno dozvoljeno odstupanje  $\delta\alpha_{\max} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$  između na terenu izmjenenog kuta (treba;  $\alpha_1$ ) te iz koordinata izračunatog kuta  $\alpha_2$  (jest) s vrhom u točki B (sl. 3). Pretpostavio sam pri tom relativno najnepovoljniji raspored (smjer) položajnih odstupanja točaka A, B i C, a to s iznosom od 0,2 mm.

Vrijednost  $\delta\alpha_{\max}$  kao funkcije dužina (kraka kuta)  $D_1$  i  $D_2$  svrstani su u tablici 1.

$$\delta\alpha_{\max}$$

$D_2 \backslash D_1$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
10	274	206	183	171	164	160	157	154	152	151	150	148
20	206	138	115	103	96	92	89	86	84	83	82	80
30	183	115	92	80	73	69	66	63	61	60	59	57
40	171	103	80	68	61	57	54	51	49	48	47	45
50	164	96	73	61	54	50	47	44	42	41	40	38
60	160	92	69	57	50	46	43	40	38	37	36	34
70	157	89	66	54	47	43	40	37	35	34	33	31
80	154	86	63	51	44	40	37	34	32	31	30	28
90	152	84	61	49	42	38	35	32	30	29	28	26
100	151	83	60	48	41	37	34	31	29	28	27	25
110	150	82	59	47	40	36	33	30	28	27	26	24
120	148	80	57	45	38	34	31	28	26	25	24	22

Tablica 1.

Komparacija kuteva na ortofotografiji i signaturnoj karti s onim izmjerenim u prirodi pokazuje da su iznosi u tablici prekoračeni 3 puta za ortofotografiju (100%, 2 × 120%) i nijedanputa za ODK. Odstupanja preslikanih kuteva na ortofotografiji u prosjeku su ± 38%, a na signaturnoj karti u prosjeku ± 43% od maksimalnih tabelarnih iznosa što je u dobrom skladu sa zaključivanjem o točnosti dužina. I to je još jedan dodatni dokaz da položajna nesigurnost pojedinih točaka na ortofotografiji i na signaturnoj karti ne prelazi iznos od ± 0,2 mm, premda imamo posla s predodžbom izrazito šumskih zemljišta.

##### 5. VJERNOST POVRŠINA (EKVIVALENCIJA)

Kao tolerancija za ekvivalenciju na podlogama (mjerilo 1:5000) uzet ćemo — u skladu s općim principima o točnosti mjerenja površina — iznos  $\Delta P_{\max} = \pm 2,0 \sqrt{P}$ . Ispitivanja pouzdanosti površina na ortofotografijama, pri  $n = 14$  test-figura (površine između 1 i 200 ha) pokazuju da je prosječno odstupanje svih opažanja ± 32% od odgovarajućih  $\Delta P_{\max}$ , a u slučaju osnovne državne karte da takvo odstupanje iznosi ± 38% ( $n = 4$ ). Prave vrijednosti površina figura određene su iz terestričkih koordinata (položajna točnost  $m_y = m_x$  bolja

je od  $\pm 0,10$  m; površine na ortofotografiji, dotično signaturnoj karti (foliji) određene su bile iz mm-koordinata lomnih točaka očitanih pomoću koordinatografa autografa Wild A8.

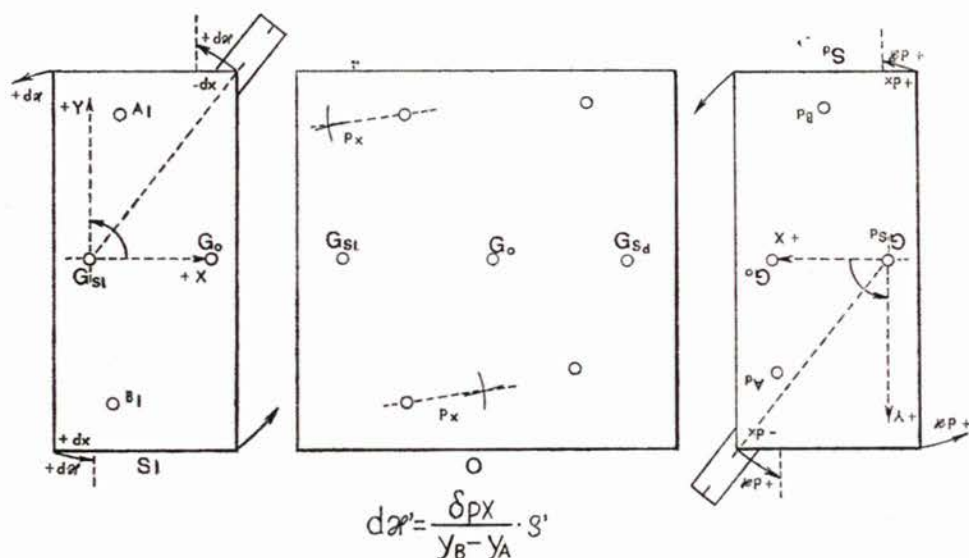
## 6. MJERENJE VISINA

Na drugim je mjestima [1] [3] [5] bilo teoretski ukazano na svojstva geometrijskih elemenata sadržanih u stereofotografijama koja dovode do visinske točnosti čak veće nego li što je položajna točnost. Postavlja se zahtjev za što potpunije mjerno iskorišćenje te prednosti i to po mogućnosti što jednostavnijim priborom kojega sam i ja namjerno kao takvoga odabrao. Preduvjet su izvježbani i pouzdani opažači za stereoskopsko promatranje i mjerenje.

Odlučio sam se na rad sa zrcalnim stereoskopom (C. Zeiss, Jena) i pripadnim stereomikrometrom. Na raspolaganju su stajale visine signaliziranih i prirodnih nesignaliziranih detaljnih točaka te visine trigonometrijskih točaka 3. i 4. reda i više točaka quasi 5. reda i to preko čitavih modela. Jedan od trojice — u procesu istraživanja — uključenih opažača iskusni je fotogrametar. Za njega je ustanovljena srednja slučajna pogreška čitanja paralaksa  $m_{p_{xA}} =$

$$= \pm \sqrt{\frac{d^2}{2n}} = \pm 0,025 \text{ mm na temelju 36 (n) odstupanja (d) dvostrukih opa-$$

žanja horizontalnih paralaksa; za drugog opažača (opažanje bez durбина)  $m_{p_{xB}} = \pm 0,037 \text{ mm (n = 37)}$ , a za trećega  $m_{p_{xC}} = \pm 0,029 \text{ (n = 69)}$ . Analiza tih  $m_{p_{x}}$  na osnovu F-testa pokazuje da na razini 95% vjerojatnosti nema signifikantnih razlika tih triju srednjih pogrešaka. Prvi opažač (A) nije imao nijednu grubu pogrešku ( $m_{p_{x}} > 3m_{p_{xA}}$ , opažač B imao je 12% (5) grubih, a opažač C 14% (22) grubih pogrešaka. Fotogrametrijske visinske razlike  $\Delta h$  izračunate su s iznosom  $5000 \cdot \Delta p_x$  jer je B/H pri redresiranju iznosio 1,000.



Slika 4.



Sistemske pogreške visinskih razlika  $\Delta h$  izražene u odstupanjima  $v$  tih razlika ( $v = \text{ono što treba} - \text{ono što jest}$ ) pojavile su se kod svih triju opažača u pojedinim poljima (grupama) opažanja. Uklonjene su popravkama s koje rezultiraju iza izjednačenja sume popravaka na nulu ( $\Sigma v = 0$ ). Popravke su u prosjeku iznosile  $s = \pm 1,1$  m.

Drugi preduvjet za postizavanje maksimalne moguće točnosti je korektna (međusobna) orijentacija ortofotografija i stereopartnera:

1.) Ortofotografiju (O, sl. 4) i pripadni stereopartner treba usmjeriti po osi  $x$  ( $px$ ) kako je navodi R. Finsterwalder u [3]. Takvo usmjerenje je prikladnije izvršiti na dva mjesta (A i B, sl. 4) što udaljenija od osi  $y$ . Dva transparentna lineala (postavljena po  $px$  i A dotično  $px$  i B) olakšavaju orijentaciju.

2.) Kontrola izvršenja  $x$ -usmjeravanja pomoću dva velika (metalna) trokuta diljem cijelih stereomodela.

3.) Ustanovi li se da postoji odstupanja  $\delta_{px}$  između  $px$ , izračunatog iz ( $\Delta h/5000$ ) dviju, po  $y$  — udaljenih točaka A i B (raspored kao u sl. 4) i  $\Delta_{px}$  izmjenjenog stereomikrometrom treba dotjerati orijentaciju za iznos  $\pm dx$  što bitno doprinosi točnosti rezultata. Rotaciju smo izveli oko (obilježene) glavne točke (lijevog ili desnog) stereopartnera — ubodom pikirke pričvršćene o stol — na kraku dugačkom oko 500 mm (iznosi rotacije pojedinih slučajeva bili su u rasponu od 2' do 65' (tangencijalni pomak 0,3 mm dotično 9,5 mm).

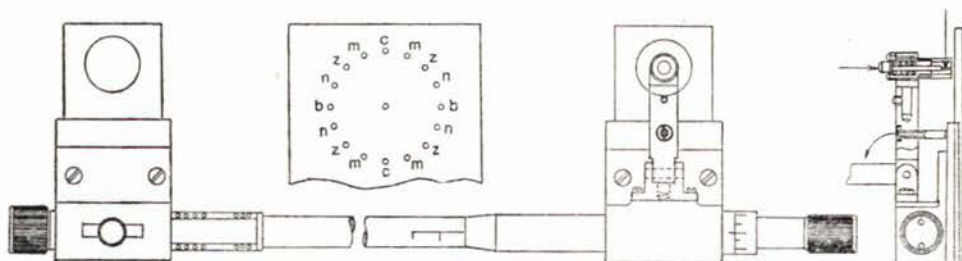
Najmanje prosječno slučajno odstupanje imao je opažač C t.j.  $t = \pm 0,76$  m (srednja pogreška  $m_h = \pm 0,95$  m) dakle  $\pm 0,34\%$  H (dotično  $\pm 0,42\%$  H); onaj najiskusniji među opažačima imao je  $t$  s iznosom  $\pm 1,09$  m.

Za očekivati je vrhunske rezultate kad bi se:

a) za zaokret  $dx$  upotrijebio savršeniji pribor (na pr. mikroskop za upasivanje) umjesto pikirke,

b) upotrijebio zrcalni stereoskop (naročiti za stereoortofotografiju krupnog mjerila) velike baze što ne bi tražilo (pri velikim visinskim razlikama) dvokratnu orijentaciju (različitih  $x$ -razmaka) stereomodela i

c) kad bi se (prema [4]) (i to u slučaju da se  $px$  paralakse izazivaju logaritamskom funkcijom, a ne linearno kao ovdje) upotrijebili za ostvarenje dvaju susjednih modela četiri, a ne samo tri uzastopna snimka jednoga niza.



Slika 5.

Stereoortofotografija je konačno omogućila da se stereomikrometrom i to takvim kakav je prikazan u sl. 5 odredi nulinija (nagiba  $n$ ) neke buduće prometnice. U prsten (promjera  $r = 5, 10 \dots$  mm) poredane parcijalne markice raznih boja (npr. crvena, modra, žuta, narančasta, bijela) i to u četiri kvadranta ta-



ko, da na krajevima jednog te istog promjera leži istobojna parcijalna markica, mogu zamijeniti šestar sa šiljcima koji se inače pri određivanju nullinija upotrijebi na planu sa slojnicama. Dva identična stakalca neka zamijene dosadašnja stakalca stereomikrometra. Kroz središnju rupicu desnog stakalceta prolazi pikirka (sl. 5 desno) koja obilježi točke nulpoligona. Viziramo na početak trase (točka 1) središnjom markicom, promijenimo visine (px očitavanja) markica za iznos  $\pm h = r.n$ ; jedna od perifernih prostornih markica tangira sada model zemljišta u točki 2, zapišemo zapaženu boju i kvadrant; vratimo bubnjićem markice ( $\pm h$ ) u prvotnu visinu, s opozitnom markicom u istoj boji (translacija stereometra) tangiramo model u točki 1 spustimo markicu ponovno za  $\pm h$ , pikiramo narednu točku nullinije 2 itd.

## 7. EKONOMIČNOST

U skladu s provedenim istraživanjima ispitana je i ekonomičnost primjene stereootofotografije i to usporedbom utroška vremena za izradu osnovn državne karte dotično stereootofotografije.

Podaci su dobiveni: od četiriju fotogrametrijskih radnih organizacija u Jugoslaviji koje se bave izradom osnovne državne karte u mjerilu 1:5000, već niz godina dotično za izvedbu stereootofotografija od dr. E. Vozikisa, Heerbrugg.

U priloženoj tablici je prikazano prosječno potrebno vrijeme

	A	B	C	D	E	F	G
min/ha	9	13	21	14	9	11	0,3
ha	675						1260

Tablica 2.

u minutama za predočenje 1 ha zemljišta bez slojnica i bez nazivlja na gotovoj osnovnoj državnoj karti (A — F) dotično ortofotografiji (G) sve u mjerilu 1:5000. U posljednjem su reduku navedene površine pojedinih listova ODK dotično ortofotografija.

A. Gorski tereni; velike šumske parcele, bez naselja; instrument Wild A10 i Wild A8.

B. Gorski šumoviti tereni, naselja cca 10 %, autograf Wild A10 i A8.

C. Ravničasti teren s naseljima; nivelmanska mreža cca 150 km ukupne dužine za 20.000 ha zemljišta, autograf Wild A8.

D. Gorski šumoviti tereni s naseljima. Restitucija na instrumentu Nistri analytical plotter APC 1.

E. Slični tereni kao pod D, restitucija autografima Wild A7 i A8.

F. Strmi krški tereni s mnogo suhozidja i drugog detalja; autografi Wild A7 i A8.

G. Gorski tereni djelomično s gustim šumskim pokrovom s naseljima; nagnutost terena mjestimično preko 200‰.

Slučajevi A do F uključuju ove usporedive radne faze:

a) kartiranje planimetrijskih fenomena s hidrografijom,

b) terestrička verifikacija kartiranja (djelomično),

c) unošenje potrebnih popravaka,

d) crtanje reproduksijskih originala (crno, modro) kao i izrada folije s toponomastikom,

e) tiskanje karte u specijaliziranoj ustanovi (bez slojnica i bez nazivlja).

Slučaj G uključuje: pripremne radove, stereorestituciju na autografu Wild A8 radi dobivanja ulaznih podataka za diferencijalno redresiranje linearnom projekcijom.

Redovni fotogrametrijski radovi kao što su geodetske pripreme za aerosnimanje, projektiranje aerosnimanja, signalizacija geodetske mreže, aerosnimanje kao i aerotriangulacija — kao zajedničko svim slučajevima A — G — nisu uzete u obzir pri usporedbi vremenskog učinka.

## 8. GUSTOĆA INFORMACIJA

Po pokusnim crtama koje smo postavili nad listove osnovne državne karte (ODK) i nad ortofotografije s azimutom 45° i ekvidistantama od 5 cm (ukupna dužina crta 30,605 km) opažali smo i izbrajali prisutne planimetrijske informacije na listovima ODK Delnice 26, 45, i 47, dotično na tri ortofotografije. Te se informacije pojavljuju ili samo na ODK (odsječak A u tablici 3) ili samo na ortofotografiji (odsječak B) ili su prisutni i na ODK i na ortofotografiji. Budući da je karta samo derivat, na neki način samo generalizacija sadržaja aerosnimaka prirodno je da ortofotografija daje znatno više informacija nego ODK. U provedenom pokusnom izbrajanju taj je zbroj učestalosti informacija F na ortofotografijama bio 659 prema zbroju učestalosti informacija F na listovima ODK koja je iznosila ukupno 440 (327 + 113).

### A. Učestalosti informacija koje se pojavljuju samo na ODK

1. Oranična i livadska zemljišta (kultivirano i eventualno napušteno)	49
2. Dalekovodi	27
3. Telefonski vodovi	10
4. Nasipi	5
5. Granice katastarskih općina	3
6. Prirodni pokosi do 2 m visine	1
7. Okomiti strmi usjeci	1
8. Drveni stupovi (nosač elek. voda)	1
9. Prirodni vodotoci s povremenom vodom	14
10. Zemljišta bez naznake	2

F = 113

### B. Učestalosti informacija koja se pojavljuju samo na ortofotografijama

1. Ocjedita tla	42
2. Poljoprivredne kulture	16



3. Neobrađivane (zapuštene) oranice	3
4. Pojedinačna stabla	43
5. Kamenita tla	44
6. Vlažnija tla	8
7. Pojedinačni grmovi	16
8. Sklop šume razbijen	18
9. Sklop šume djelomično razbijen	8
10. Sklop šume potpun	22
11. Šume preborne strukture	27
12. Privatne šume	3
13. Stare sastojine	16
14. Mlade sastojine	3
15. Šume bukve i jele	29
16. Šume jele	2
17. Šume bukve	44
18. Sitna parcelacija (polj. zemljište)	3

F = 347

**C. Učestalosti različitih informacija koje se pojavljuju i na ODK i na ortofotografijama**

	ODK i ORTO	
1. Jaruge (polj., šumska i ostala zemljišta)	16	6
2. Vodotoci	12	8
3. Pašnjaci	38	39
4. Regionalne ceste	5	5
5. Livade	39	49
6. Putevi (djelomično ili potpuno zastrti krošnjama drveća na ortofotografiji)	47	36
7. Dvorišta	4	4
8. Zgrade	2	2
9. Šikare	13	19
10. Šume listača	67	44
11. Oranice	8	28
12. Lokalne ceste	21	16
13. Mješovite šume	24	29
14. Šume četinjača	3	3
15. Magistralne ceste	2	2
16. Šumske prosjeke	2	2
17. Voćnjaci	1	1
18. Žive ograde	7	3
19. Staze	1	1
20. Drvoredi	5	2
21. Teresasto zemljište	8	11
22. Ponikve	2	2

F = 327 312

Tablica 3.

## 9. ANKETA

U želji da dođem do daljnjih iskustava tj. do vlastitog doprinosa u pitanju usporedbene primijenjivosti ortofotokarte (aerofotomaterijala) i signaturne karte proveo sam na terenu, za koje predleže materijali, anketu sa jedanaest sudionika iz lokalnog stanovništva sa svrhom da se ocijeni stupanj čitljivosti obiju podloga.

Nastojao sam doći do saznanja kojom će od obiju podloga čitalac karte (ortofotokarte) doći brže i lakše do odgovora na pitanja: »gdje se nalazim, gdje je moja kuća, vrt, polja, gdje je moje stajalište«. Anketirani su mlađi (oko 25 g.) srednjedobni (oko 50 g.) i stariji (oko 70 g.) muški i ženski pojedinci sa visokom (jedan pravnik) srednjom (jedan službenik, jedna domaćica) i nižom školskom spremom (radnici, jedan autoprevoznik, jedan stolar). Većina njih su vidjeli aerosnimak, dotično povećanje aerosnimka, fotoskicu, (umjesto ortofotografije velikog, dosta nespretnog formata tj. 70 × 70 cm) po prvi puta u svom životu. Ni crno-bijela fotoskica približnog mjerila 1 : 7.500 ni signaturna karta (na stabilnoj crtačkoj foliji) mjerila 1 : 5000 nisu nosile ni nazivlje ni slojnice. Smatram da bi slojnice anketiranim otežale čitanje detalja.

Pri čitanju signaturne karte glavna su uporišta anketiranim ceste iscrtane s dvije usporedne crte i donekle pojedine kuće. Pri udaljavanju od glavnih, većih prometnica rastu poteškoće u snalaženju. Pojedine crne crte nisu im jasne, a pogotovo ako su granice kultura i drugo, crtane crtama iste debljine kao poljski putevi, staze i slično. A snalažljivost na signaturnoj karti s obzirom na površine s vegetacijom: ratarskom, travnjačkom, vegetacijom šikara ili šumskom vegetacijom je minimalna. Ograničene kulture, šikare, šumarke na signaturnoj karti ispitanici ne mogu lako dovesti u vezu s realnošću.

Što se tiče čitanja aerosnimaka ispitanici smatraju da je lokalizacija (određivanje stajališta) lakša pomoću fotografske predodžbe zemljišta, naročito ako je u pitanju područje s vegetacijom (šume, šikare, livade) a pri tom se uočava obraslost, tip vegetacije i uzrast koji se mogu izdiferencirati do maksimuma; posebno smatraju da će se planinari, lovci, stočari lakše snaći na temelju zračne perspektive uviđaju bogatstvo detalja: neki odmah, a neki nakon nekog vremena uživljavanja u sadržaj aerosnimaka. Jedan od anketiranih smatrao je u početku da mu je karta od veće prednosti, jer je brzo uočavao crno iscrtane i šrafirane zgrade, no odustao je od tog mišljenja kad je vidio da zgrade na aerosnimcima uz svijetlo preslikani krov imaju i bačenu sjenu; da ceste, putevi, staze imaju karakterističan svijetli (bijeli) tok; da se reljef zemljišta (jame, jarci, potoci, padine, grebeni) s obzirom na samsjene i bačene sjene lako dešifriraju i na pojedinačnim snimcima.

Sumarno mogu zaključiti da je jedanaest ispitanika u usporedbi aerosnimka (fotoskice, pa dakle i ortofotografije) i signaturne karte bez nazivlja i bez slojnica kako s obzirom na određivanje pojedinih lokaliteta (»određivanje stajališta«) tako još više s obzirom na bogatstvo detalja i općenito snalaženje pomoću istoga dalo prednost aerosnimku (fotoskici, ortofotografiji) pred signaturnom kartom.

## 10. ZAKLJUČAK

Ortofotografije zajedno s pripadnim stereopartnerima za područje šuma bukve i jele Gorskog kotara koje su bile izrađene avioplanom Wild OR 1 po-



kazuju jednoznačno visok stupanj kartografsko-geometrijske konsistencije s obzirom na preslikane dužine, te položajnu točnost, konformnost, kartografsku ekvivalenciju, a također i udobnost čitanja tih podloga. Parametri su pouzdanosti ortofotografija u usporedbi s onima signaturne osnovne karte u istom mjerilu (1 : 5000) povoljniji. Stereoortofotografija pruža mogućnost točnih mjerenja visina (predočivanje orografije, određivanje mullinije saobraćajnica) ako se izvrši brižljiva orijentacija.

Neusporedivo povoljan je i utrošak vremena za izradu stereoortofotografija u odnosu na signaturnu kartu tipične šumske regije. Transformacija aerodromskih u crtež karte znači u takvim slučajevima principijelno bitni gubitak na taj način, što se dolazi u biti do a priori površinski generalizirane predodžbe umjesto do realne, mnogostruke slike stanja, distribucije i izgleda šuma (dotično vegetacije uopće) dakle sa svim postojećim različitostima.

Na temelju provedenih istraživanja te na osnovi iskustva u svijetu (Kanada, Švedska, Švicarska, SR Njemačka) izgleda da je opravdano težiti k tome da se kartografske podloge srednjih i krupnih mjerila za područja gorskih šuma umjerenih zona izrade u obliku ortofotografija, dotično stereoortofotografija (crno-bijele ili pseudokolor). Budući da se diferencijalno redresiranje provodi s obzirom na zemljište, objekti iznad zemljišta (zgrade, mostovi, stabla . . .) svojim su vrhovima radijalno izmješteni pa će se prema potrebi dati prednost centralnim dijelovima ortofotografije kad su u pitanju neka specifična mjerenja na tim objektima.

Zapreke ne bi trebala stvarati sredstva za nabavu odgovarajućeg modernog instrumentarija, jer se takav danas sve više može koristiti i u nadnacionalnim okvirima.

## LITERATURA

- [ 1 ] Blachut, T., 1971.: Mapping and photointerpretation system based on stereophotos, Ottawa.
- [ 2 ] Ducher, G., 1980.: Essais de Stéréo-Orthophotographie à l'IGN et Perspectives Spatiales, Archives Internationales de photogrammetrie; Vol. XXIII, Tome B 4 Hamburg.
- [ 3 ] Finsterwalder, K., 1981.: Zur Höhenmessung mit Stereorthophotos, Bildmessung und Luftbildwesen Karlsruhe 4.
- [ 4 ] Grabmeier, K., 1983.: Production of proper stereo-orthophotographs, ITC Journal 2.
- [ 5 ] Kraus, K., 1979.: Moderne Orthophototechnik, Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik, 4.
- [ 6 ] Kraus, K., Vozikis, E., 1983.: Stereoskopie thematischer Informationen, Kartographische Nachrichten, Bonn-Bad-Godesberg.
- [ 7 ] Rüsç, W., 1980.: Der Orthophotoplan als neues technisches Hilfsmittel im Fortswesen, Schweizerische Zeitschrift f. Forstwesen, 10
- [ 8 ] Tomašegović, Z. 1977.: Multidisciplinarno korišćenje radova prigodom fotogrametrijske izvedbe osnovne državne karte. Treće jugoslovensko savetovanje o fotogrametriji, Zbornik radova, treća knjiga, Struga.
- [ 9 ] Tomašegović, Z., 1985.: Erfahrungen mit Stereorthophotos der Waldgebiete gemässiger Zonen. Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik 11—85. str. 416—420 Zürich.
- [ 10 ] Visser, J., et alii., 1980.: Orthophotos production and application ITC Journal (special issue). Enschede 4.

## SAŽETAK

Prikazani su rezultati usporedbenih istraživanja, naročito s obzirom na geometrijsku pouzdanost osnovne državne karte i (stereo-) ortofotografija u mjerilu 1 : 5000 šumskih regija Gorskog kotara vodeći osobito računa o točnosti dužina, kutova, površina, te gustoći informacija.

Također su ispitane mogućnosti točnog određivanja topografskih visina, na stereortofotografijama bez ikakvih pretpostavki ili aproksimacija i to pomoću najjednostavnijeg pribora.

U traženju odgovora koji su kartografski proizvodi državne izmjere u krupnim mjerilima za gorska šumska zemljišta umjerenih zona najprikladniji s ekonomske i tehničke točke gledanja učinjen je prikazanim istraživanjima bitni korak naprijed u korist stereortofotografije.

## ABSTRACT

In this study the comparative investigations are presented particularly with regard to the geometric reliability of the official maps and the stereo-orthophotos of the scales 1 : 5000 made for woodlands of Gorski kotar (western mountainous part of Yugoslavia) having in mind exactitude of distances, of angles and of surfaces presented on these maps resp. stereoorthophotos.

The efforts were made to achieve the possibility of precise determination of topographic elevations in stereoorthophotos using the simplest accessories.

The main task was to answer to the question which of the cartographic products of large scales for temperate forest regions are the most suitable from the technical as well as from the economical point of view.

Primljeno: 1986-12-15