

## BINOKULARNI MODULARNI AEROPRECRTAVAČ Z. T. S.

Zdenko TOMASEGOVIĆ — Zagreb

Obitelj aeroprecrtavača — tih jednostavnih subjektivno-optičkih redresera — dobiva novog člana tj. binokularni modularni aeroprecrtavač Z. T. S. s višestrukim znatnim poboljšanjima u odnosu na postojeće aeroprecrtavače i to iz tvornice *Bausch & Lomb*, Rochester SAD.

### I

Novom konstrukcijom želilo se umanjiti ili izbjeći nedostatke dosadašnjih fotogrametrijskih uređaja za direktno prenošenje detalja sa aerosnimaka na crtaču podlogu. Kao što je poznato rezultat rada tim optičkim instrumentima se dobivaju ili u obliku fotografije ili iscrtavanjem (precrtavanjem) pojedinih detalja. Koliko god neki među tim instrumentima (objektivno optički redreseri) daju i veliku točnost rezultatnih informacija treba imati u vidu da to postizavaju svojom kompleksnom i skupocjenom gradnjom, koja traži rad u zamračenom prostoru. Drugi tip instrumenata za prijenos detalja s aerosnimaka u planove ili karte su projekti, — možda manje uobičajeni u našoj domovini, — kojima je ipak glavna svrha realizacija promjene mjerila, a malo ili ništa provedba konformnosti preslikanih likova (objekata). Treći tip, koji objedinjuje diljem svijeta proizvedene poznate razne aeroprecrtavače, je građen na principu kamere lucide.

Uz dobre strane instrumenata na principu kamere lucide koji se služe za superpoziciju dviju slika optički polupropusnim zrcalima (prizmama) slaba je strana vrlo mali okularni otvor kroz koji se promatraju te superponirane slike. Pa ni izjednačenje svjetline i oštine obaju slika nije u svakom slučaju kod tog tipa instrumenata za prenošenje detalja moguće izvesti na potpuno zadovoljavajući način.

Za konstrukciju dotjeranijeg instrumenta za direktni prijenos detalja s aerosnimaka na crtaču podlogu stručnjaci tvornice *Bausch & Lomb*, Rochester krenuli su od trećeg spomenutog tipa instrumenata t. j. od aeroprecrtavača sa namjenom da novijim tehničkim dostignućima uklone što više nedostatke dosadašnjih sistema.

---

vidi: **H. Yzerman**: The Z.T.S., a unique instrument for the transfer of photographic detail onto a reference map.

Adresa autora: Prof. Dr Zdenko Tomašegović — Šumarski fakultet Zagreb.



Konstruktori su si postavili u zadatak da ostvare dotično primijene

- 1 — sistem za kontinuirano optičko povećavanje slika (*zoom*) dovoljnog raspona
- 2 — mogućnost *anamorfne transformacije* likova tj. samo u jednom na pr. radijalnom smjeru). Kad se os anamorfnog povećanja usmjeri na pr. paralelno sa stranicom kvadrata učinak se sastoji u transformaciji tog kvadrata u pravokutnik.
- 3 — optičku *rotaciju* slike promatranog aerosnimka
- 4 — udoban način promatranja oslobođen smetajućih paralaksa
- 5 — veliku moć razlučivanja, te veliko vidno polje
- 6a — *binokularno promatranje* superponiranih slika plana (ili karte) i aerosnimka, dotično
- 6b — Stereoskopsko promatranje ortofotosnimka i pripadnog mu stereofotosnimka (tzv. *stereo-mate*).
- 7 — mogućnost ulaganja u instrument i promatranje kako transportnih podloga (rolfilmovi, pojedinačni filmovi) tako i snimaka na fotopapiru.
- 8 — mogućnost dobivanja izlaznih informacija u obliku fotografije
- 9 — relativno lagani, prijenosni instrument,
- 10 — razne želje dotično potrebe potrošača (pitanje dodatnih dijelova, uređaja)
- 11 — cijenu instrumenta koja je proporcionalna funkcionalnosti.

## II

Osnovna tvornička izvedba novog binokularnog aeroprecrtavača *Busch & Lomba* sadrži samo najbitnije građevne elemente. Potrošač je može po želji dati upotuniti.

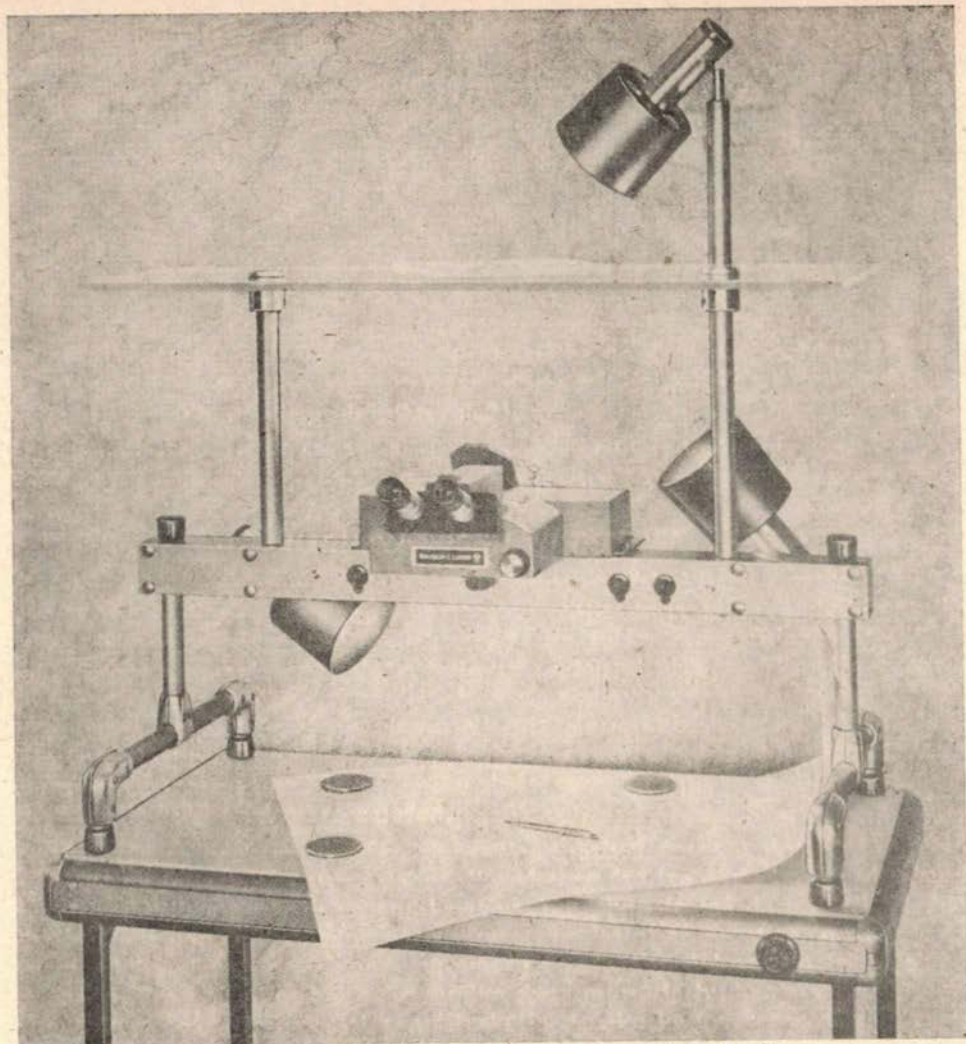
Bitni tvornički modul je glava aeroprecrtavača u kojoj dolazi do optičkog formiranja slika aerosnimka i plana (karte) koje se i jedna i druga pružaju obim očima. U glavi se nalazi polupropusno (poluposrebreno) zrcalo kao i u nekim drugim dosadašnjim aeroprecrtavačima koje omogućuje formiranje dviju spomenutih slika. Ukloni li se iz toka zraka svjetla to zrcalo, aeroprecrtavač *ZTS* postaje stereoskopom.

Promatranje ortofotosnimaka i stereofotosnimaka *stereo-mate* (vidi članak autora u Geodetskom listu broj 4/6 1972. pod naslovom »*Nove mogućnosti za bitno usavršavanje fotogrametrijske tehnike stereofoto sistemom*«.) daje očito primjenu tog instrumenta od koje se možemo mnogo nadati. Općenito uzevši postoje razne mogućnosti za postavljanje dakle i promatranje različitih slikovnih objekata na stolu operatora dotično na nosaču aerosnimka. Na stolu se može smjestiti plan (karta), ortofotosnimak, skica, drugi aerosnimak i sl.

Aeroprecrtavač *ZTS* se izvodi zasada u četiri izvedbe (modela). Model *ZT-2* uključuje *zoom* sistem sa rasponom 7:1; model *ZT-3* taj *zoom* sistem i prizmu koja omogućuje rotaciju slike, model *ZT-4* uz elemente prethodnog uključuje i optički sistem koji omogućuje anamorfnu promjenu slike dok model *ZT-9* ima još osim toga optički preklopnik.

Najbitniji dio novog aeroprecrtavača je element *zoom* s mogućnosti kontinuiranog, fokusiranog povećanja u granicama od 1 do 7 puta. Prizmom tipa *Pechan* izvrši se optička rotacija slike. Optičku anamorfozu obavlja varijabilni sistem četiriju akromatskih klinastih prizama. Djelovanjem tih klinova (dife-





Slika 1 — Binokularni aeroprecrtavač Z. T. S.

rencijalnim nagibom jednoga u odnosu na drugi) dolazi do izobličenja (izduženja) slike u određenom smjeru. Kvadrat se tim sistemom izobliči sa određene dvije stranice u pravokutnik. To izduženje se kontinuirano može realizirati do dvostrukog linearnog produženja, rotacijom u bilo kojem smjeru ( $0^\circ$  do  $360^\circ$ ).

Sistem rotacije slike djeluje između anamorfnog sistema i očiju opažača.

Optički se sistem za promatranje plana (karte) sastoji od dvije zamjenjive objektivne leće. Taj sistem omogućava promatranje karte pri povećanjima od 1 do 4 puta. Fini pomaci slike karte izvrše se finim pomacima u X i Y smjeru postoljem tog objektiva; grubi pomaci te slike se ostvaruju pomakom karte na stoliću. Odnos mjerila karte i snimka kreće se u granicama 1 : 4 do 14 : 1. To znači da će na pr. pri radu s kartom mjerila 1 : 25.000, moći primjeniti aerosnimci s mjerilima u granicama 1 : 6.250 do 1 : 350.000.

Snimak i karta se mogu osvjetliti jednakomjerno. Aerosnimak se može osvjetliti s prednje (episkopski) ili stražnje strane (diaskopski).

Model ZT—9 ima optički preklopnik koji omogućuje promatranje obim očima superponiranih slika karte i aerosnimka ili promatranje karte jednim, a aerosnimka drugim okom. Ako se karta zamijeni drugim (odgovarajućim) aerosnimkom dolazi do stereoskopskog promatranja.

Među dodatnim netipskim elementima su predviđene kamere koje će omogućiti da se fotografski preslika u određenom momentu aero snimak ili karta ili oboje superponirano. Takva primjena kamere mogla bi dovesti do interesantnih proizvoda kao što su isječci fotokarte koji bi poslužili na pr. za teretristička ili sobna rekognosciranja ili identifikacije.

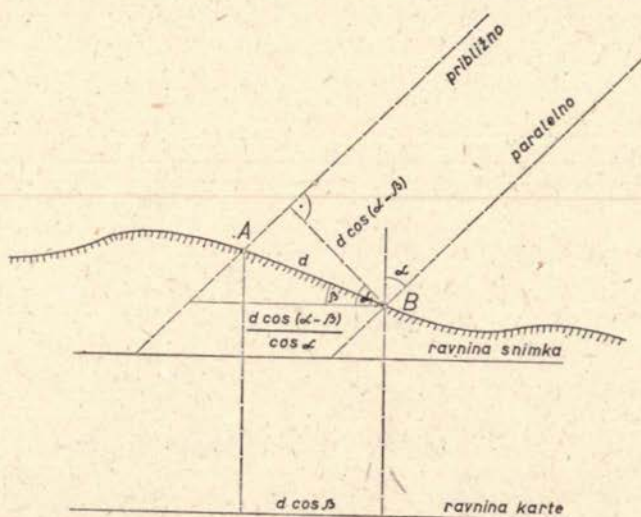
### III

Spomenuti se sistem klinova, koji omogućuje anamorfne promjene slika, može upotrijebiti za kompenzaciju geometrijskih distorzija nastalih na centralnoj projekciji utjecajem reljefa ili nastalih uslijed nagnutosti snimka. Linearne deformacije (izmještanja) uslijed reljefa su na približno vertikalnim aerosnimcima radijalnog smjera s ishodištem u slikovnom nadiru.

Unutar dovoljno male dužine  $AB$  ( $\approx d$ ) centralna se projekcija može smatrati paralelnom. Ako je  $\alpha$  u točki  $B$  nadirni otklon pripadne zrake projiciranja, a  $\beta$  prikloni kut dužine  $d$  to ta dužina na snimku ima veličinu

$$d_s = \frac{d \cos(\alpha - \beta)}{\cos \alpha}, \text{ dok njena ortogonalna projekcija } d_p = d \cos \beta. \text{ Da se}$$

iz dužine na snimku  $d_s$  dobije dužinu na planu  $d_p$  trebat će  $d_s$  množiti faktorom



Sl. 2

slikovnog anaformizma  $\frac{d_p}{d_s}$  t. j.  $d'_p = \frac{d_p}{d_s} d_s$ . U vezi simbolike u slici 2 taj fak-

$$\text{tor iznosi } \frac{d \cos \beta \cos \alpha}{d \cos(\alpha - \beta)} = \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta} = \frac{1}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}$$



Tim faktorom treba množiti, mijenjati, (tj. pomaknuti u određenom smjeru) izmještanja radijalnog smjera. Kao što je i za očekivati za  $\alpha=0$  dotično  $\beta=0$ , taj korekcionni faktor je na vertikalnom aerosnimku jednak 1. U okolišu nadira ni za strme terene nema radijalne korekcije kao što nema korekcije niti za ravne terene bilo gdje izvan nadirne točke. Za širokokutne aerosnimke formata  $23 \times 23 \text{ cm}$   $\alpha$  ne može premašiti iznos od  $45^\circ$  tako da  $\text{tg } \alpha$  ne može nigdje biti veći od 1. U uglovima takvog formata možemo dakle uzeti da je korekci-

ni faktor jednak  $\frac{1}{1 + \text{tg } \beta}$ . Budući da se raspon djelovanja klinova za pos-

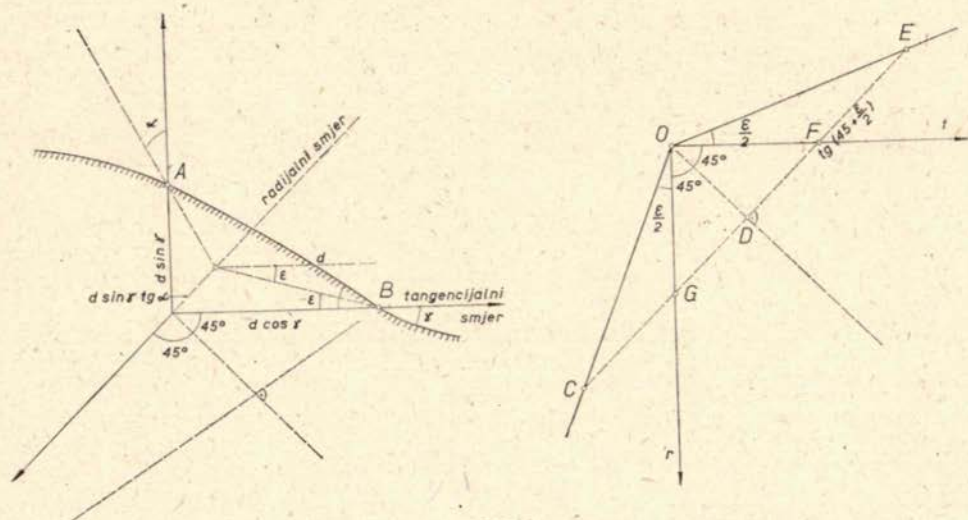
tizavanje anaomrfizme kreće za naš aeroprečtavač u granicama od 1 do 2 puta (u bilo kojem smjeru) prikloni kut  $\beta$  kosine terena se smije u vezi s formulom

$\frac{1}{1 + \text{tg } \beta}$  prijeći iznos od  $+45^\circ$  dotično  $-26^\circ$  t. j.  $\frac{1}{1 + \text{tg } \beta}$  ili  $\frac{1}{1 - \text{tg } \beta} = 2$  (uzdig-

nuća — kosine — od neke referentne naviše  $+45^\circ$ , dotično padine  $-26^\circ$  naniže).

Ako je teren nagnut u smjeru okomitom na radijalni smjer aerosnimka nastupa još jedna komponenta deformacije tlocrta koju je moguće kompenzirati klinovima anaformizma. Uzmimo da je teren (v. sl. 3a) nagnut samo u tangencijalnom smjeru od A prema B (za kut  $\gamma$ ), a lokalni je nadirni otklon  $\alpha$  dužina  $d$  se na aerosnimku predočuje sa zaokretom  $\varepsilon$ .

$$\text{tg } \varepsilon = \frac{d \sin \gamma \text{ tg } \alpha}{d \cos \gamma} = \text{tg } \alpha \text{ tg } \gamma.$$



Sl. 3

Za  $\alpha = 0$  ili  $\gamma = 0$  bit će i  $\varepsilon = 0$  što je bilo i za očekivati. Kad je  $\alpha = 45^\circ$  (maksimalni nadirni otklon za detalje u uglovima širokokutnog aerosnimka formata  $23 \times 23 \text{ cm}$ ) tada je  $\varepsilon = \gamma$ . Da bi se kompenziralo kutno izobličenje ( $\varepsilon$ ) obaju međusobno ortogonalnih smjerova (radijalni i tangencijalni) dotjerat ćemo prikladno smjer djelovanja klinova otklonjen od radijalnog (v. sl. 3b) za  $45^\circ$  tako, da se tim postavom omogućuje rastezanje kuta ( $i$  i detalja



u zahvatu tog kuta) vidi na pr. točke  $F$  i  $G$  u sl. 3b što ga tvore os  $r$  i  $t$  (sl. 3b) za  $2 \frac{\varepsilon}{2}$  čime se i dužina  $d$  prikazuje sa svojom ispravnom ortogonalno-tlo-

crtnom orijentacijom. Produžena je veličina  $DE \leq 2DF$  ( $DF = OD$ ) t.j. ako uzmemo  $DF = OD = 1$  bit će

$$\operatorname{tg} \left( 45 + \frac{\varepsilon}{2} \right) \leq 2$$

Pri  $\alpha = 45^\circ$  (vidi gore) bit će  $\varepsilon = \gamma$  približno  $37^\circ$  u svom maksimalnom iznosu uzme li se u obzir da je maksimalno produženje klinovima anamorfoze

jednako 2 (t. j.  $\operatorname{tg} \left( 45 + \frac{\varepsilon}{2} \right) \leq 2$ ). Taj je iznos  $\gamma$  približno aritmetička sredina od navedenih maksimalnih kutova uzvišenja ili padova  $\beta$  ( $45^\circ, 26^\circ$ ).

#### IV

Uzme li se kao redovni postupak rastavljanje slike fizičke površine Zemlje na fasete (po uzoru na francusku katastralnu izmjeru fotogrametrijskom tehnikom) trebat će na stereoskopskom modelu terena (ili uz pomoć karte ili plana sa slojnicama) definirati mrežu faseta koje se mogu omeđiti sa tri točke. Za potrebe subjektivno optičkog redresiranja trebat će tri identične točke na snimku i karti koncidirati nekim prikladnim postupkom subjektivno optičkog redresiranja.

Da bi se postupak pojednostavio t. j. ubrzo bit će dobro da se odgovarajuće tri orijentacione točke i karte kopiraju na neku prozirnu crtaču podlogu.

Bez daljnjeg će biti moguće da se bar jedna točka sa snimka dovede do koincidencije s odgovarajućom točkom karte. Nastavno se smjer djelovanja anamorfizma tako prikladno zaokrene da će klinovi djelovati na preostale dvije točke i dovesti njihove slike što bliže odgovarajućim točkama na karti. Nadalje biti će potrebna rotacija i translacija oleatê za točkama kao i djelovanje zoom-a da sve tri točke sa snimka i karte što bolje koincidiraju. Reiteracija ovih točaka određenih geodetski ili fotogrametrijski.

#### V

Jedna od prvih i najznačajnijih mogućnosti primjene novog aeroprecrtavača je efektna generalizacija, revizija, anotacija te dopuna postojećih ili djelomična izrada novih karata ravnog i brdovitog terena upotrebom orijentacionih točaka određenih geodetski ili fotogrametrijski.

Sistem je prikladan i za iscertavanje slojnica na temelju diagrama sa isprekidanim linijama različitih jačina tzv. »droped lines« (nuzprodukt pri izradi ortofotoplanova dotično ortofotokarata). Te isprekidane crte daju podatke za položaj slojnica. Istodobnim stereoskopskim promatranjem odgovarajućih aerosnimaka ili ortofotoplanova i pripadnog mu stereofotosnimka (steromate) ili ortofotoplana i originalnog snimka omogućuje se bolja topografska predodžba za iscertavanje slojnica na temelju »doppep lines«. Pojave li se pri tom  $\gamma$  — paralakse moći će se ukloniti spomenutim optičkim modulima aeroprecrtavača (fini pomaci).

Par dviju na oko gotovo identičnih snimaka može se uložiti u aeroprecrtavač ZTS, jedan na nosač aerosnimka, drugi na stol predviđen za kartu, da bi se ispitalo da li su te slike zaista potpuno identične. Mijenjanjem jačine rasvijete (treperenjem) postaju razlike na oba snimka očite kako se objekti koji nisu preslikani na oba snimka — u zavisnosti o stupnju promjene rasvijete — pojavljuju i slabe.