

ORTOFOTO UREDJAJ WILD PP08 ZA AUTOGRAF WILD A8

Pomoćni uređaj autografa, PP08 omogućava da se izvede diferencijalno redresiranje negativa u crno-bijeloj i kolor tehnici sa mogućnostima uvećanja od 0,75 do 6,2. U članku se ističu osnovne karakteristike autografa WILD A8 koje su direktno povezane sa radom ortofoto uređaja WILD PP08; proučavaju se uslovi za realizaciju izrade ortofotografije, opisuje se ortofoto uređaj: mehanički, optički, analogni računar, kao i način njegove upotrebe. Zatim, analizira položajna tačnost i moć razlaganja reda 60 l/mm. Na kraju, daje se kratak osvrt na sistem interpolacije izohipsi i ostvarenje plana programa DACS "Digital Automatic Contouring System", kao i program za interpolaciju izohipsi SCOP Stuttgart.

ORTOFOTO UREDJAJI SA POSEBNIM OSVRTOM
NA UREDJAJ WILD PP08

Pri uvodjenju fotogrametrijskih metoda kod izrade karata i planova, pojavila se i mogućnost izrade ortofoto-karte.

U stvari, najopštije rečeno, ortofoto-karta je diferencijalno redresirani snimak zemljišta, sa nanijetom koordinatnom mrežom i izohipsama unijetih fotogrametrijskom restitucijom. Metodom diferencijalnog redresiranja moguće je izraditi ortofoto-kartu skoro svih zemljišta.

Praktična primjena ove metode došla je do izražaja pojavom savremenih ortofoto-instrumenata. Od tada, pa do danas, ortofoto instrumenti se stalno usavršavaju u pravcu potpune automatizacije, tj. automatske izrade karata i planova.

U toku posljednjih godina ortofoto-karte su u svim domenima kartografije pa i drugim granama tehnike, pobudile veliko interesovanje. Prema potrebi korisnika i njihovom stupnju poznavanja ove nove tehnike, mišljenja su dosta ekstremna. Jedna su optimistička - po njima će ortofoto-karta riješiti sve kartografske probleme; druga su pesimistička - ortofoto-karti namijenjena je uloga foto-mozaika.

No, bez obzira na tako podvojena mišljenja, diferencijalno redresiranje je danas jedno od najaktuelnijih pitanja u domenu fotogrametrije i kartografije.

U sadašnjim uslovima tehničkog razvoja aero-foto snimak je postao sredstvo masovnog korišćenja i proučavanja skoro u

svim oblastima nauke i tehnike. U toku korišćenja i proučavanja aero-foto snimak je izvanredno ocijenjen od svih korisnika kako po kvalitetu i bogatstvu informacija koje sadrži, tako i u pogledu mjerenja koja se na njemu mogu izvesti, naravno, ako je snimanje izvedeno odgovarajućom aero-foto kamerom.

U posljednje vrijeme stalno je prisutan problem izrade asamblaža od većeg broja aero-foto snimaka. Taj problem bio je nerješiv za brdovito zemljište.

Ukoliko je zemljište ravničasto moguće je povezati aero-foto snimke, koristeći tom prilikom bilo originalne vertikalne aero-foto snimke bilo snimke dobijene redresiranjem ako aero-foto snimci nisu bili vertikalni. Redresiranjem se transformiše postojeći aero-foto snimak u neki drugi - sa strogo vertikalnom osom, na kome je obezbjedjena tačna i slična slika zemljišta i koji se mogu povoljno povezivati medju sobom (unutar redova i izmedju redova).

Medjutim, tehnika redresiranja se ne može primijeniti ako je zemljište brdovito; visinske razlike na aero-foto snimku uslovljavaju radijalnu deformaciju čija je veličina funkcija reljefnosti zemljišta i njegove lokacije na aero-foto snimku.

Ovo nam govori da je aero-foto snimak konusna projekcija, a ne vertikalna cilindrična projekcija kao karta. Kod aero-foto snimka vrhovi imaju dosta krupnu razmjenu, doline dosta sitnu, a kako se postepeno udaljavamo od nadira predmeti se radijalno pomjeraju od njihovog tačnog kartografskog položaja.

Sa reljefom, aero-foto snimak gubi mjerna svojstva dužina, razmjere, uglova, što čini situaciju pogrešnom.

Da bi odstranili ove nedostatke aero-foto snimak treba transformirati u vertikalnu cilindričnu projekciju: odatle i potiče naziv ortofotografija, koja ima sve karakteristike fotografskog dokumenta; svaki detalj na ortografiji zauzima tačan kartografski položaj u ortogonalnoj projekciji.

Za dobijanje ortofotografije treba korigovati položaj svake tačke na aerofoto-snimku za veličinu proporcionalnu relativnoj visini tačke u odnosu na nadir i izabranu horizontalnu ravan. Znači, treba poznavati visine odredjenog broja tačaka na aero-foto snimku, ili još tačnije, treba raspolagati aero-foto snimcima s a preklapanjem koje obezbjedjuje stereoskopsku fuziju, a koji su orijentisani u prostoru na način sličan onom kod snimanja.

Dakle, ortofotografisanje je metoda fotogrametrijske restitucije. Za restituciju u kartografskom obliku, ortofotografija zahtijeva prethodnu obradu i izvjesnu dokumentaciju; potrebno je raspolagati aero-foto snimcima sa oslonim tačkama koje figuriraju na dva uzastopna aero-foto snimka što omogućava urazmjerenje i orijentaciju istih, sa eventualnim dopunskim snimanjem ili aero-trijangulacijom, te instrumentarij.

U osnovi, ortofotografski instrument je restitucionni instrument sa istim ulaznim podacima ali različitim izlaznim - fotografija, a ne crtež. Može se još reći, kao posebne prednosti fotokarte su:

- 1 - Brza i jeftinija izrada
- 2 - Pružaju obilje informacija i moguće ih je koristiti u najrazličitije svrhe
- 3 - Opšta i posebna aktuelnost u datim uslovima.

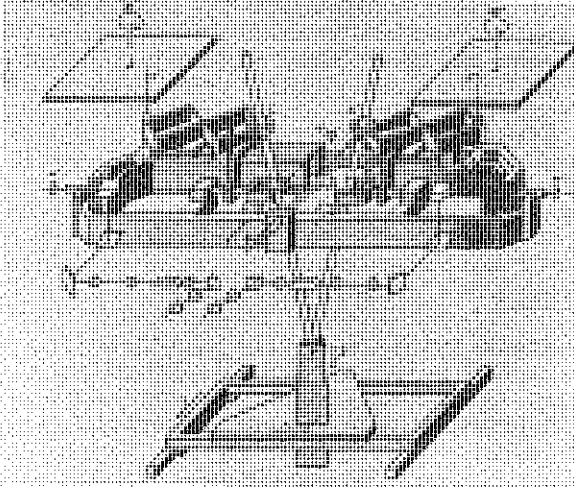
Od velikog broja ortofotogrametrijskih instrumenata izdvojili smo tri karakteristična instrumenta. Njihov opis i funkcionisanje ćemo izložiti u ovom i narednim brojevima našeg lista.

Riječ je o ortofoto uređaju WILD PP08 za autograf A8 (poluautomatski instrument), Stereomat B-8 (automatski) i tro-dimenzionalni automatski ortofotografski instrument firme MATRA - Francuska.

ORTOFOTO UREĐAJ WILD PP08 ZA AUTOGRAF A8

Uređaj WILD PP08 realizovan je kao dodatni uređaj stereorestitucionog instrumenta WILD A8. Pri tome je autograf WILD A8 sačuvao svoju osnovnu funkciju i tačnost. Stereorestitucionni instrument WILD A8 je poznat pa se neće davati njegov detaljniji opis, izuzev za dijelove koji su direktno povezani za ortofoto funkciju.

Autograf WILD A8 spada u red instrumenata sa mehaničkim rješenjem rekonstrukcije perspektivnih zrakova i transformacijom centralne projekcije u ortogonalnu projekciju. Optičke ose mikroskopa, koji služi za opažanje površine negativna, odnosno dijapozitiva, prolaze kroz krajnje tačke nimerških makaza i uvijek su upravne na ravnine dvaju negativna, odnosno dijapozitiva (p' , p'' , v. sl. 1). Ova dva optička sistema strogo su simetrična i svaki sadrži iste konstrukcione elemente: mikroskope za opažanje površine negativna, odnosno dijapozitiva u sklopu prenosnih makaza, optičke



Sl. 1 - Šema
instrumenta WILD A8

prenosne uređjaje sa mehaničkim rješenjem, polarne štapove, koji preko optičkog kardana prenose sliku u određeni smjer, okularnu kutiju, itd.; svi ovi konstrukcioni elementi nezavisni su medju sobom u pogledu nagnuća restitucionih kamera.

Uvodjenje prostorne baze izvodi se simetričnim pomjeranjem dvaju mehaničkih kardana u odnosu na centar autografa. Kardani imaju ulogu centra projekcije. Ovaj konstrukcioni detalj, u ovom slučaju je važan jer mašinske koordinate (koordinate modela) koje se koriste u formulama diferencijalnog redresiranja, odnose se na centar projekcije.

Nožna pedala za pokretanje Z stuba u visinskom smislu, preko duplog (dvostrukog) kardana, direktno je povezana za stub Z (visinski stub).

Ovaj kratak osvrt na neke detalje stereorestitucionog instrumenta WILD A8, doprinijeće da se lakše shvati konstrukcija uređjaja PP08. Napominje se da ugradjivanje i regulisanje ovog uređjaja se lako ostvaruje na svim autografima WILD A8 (počev od broja 678). Proizvodnja ortofotografije izvodi se pod uobičajenom osvjetljenju i poslije minimalnih manipulacija autograf WILD A8 može se opet koristiti kao stereorestitucionni instrument. Pri konstrukciji ovog instrumenta težilo se, a to je i ostvareno, da uređjaj bude lak za rukovanje i obučavanje i da svi konstrukcioni elementi, uključujući i elektroniku, budu postojani.

U toku obrade modela po sistemu naizmjeničnih profila u smjeru Y, sistem kolica A8 i doboš koji nosi film za uređjaj PP08, pokreću se sa dva motora od kojih jedan djeluje u smjeru X, a drugi u smjeru Y ose. Jedina dužnost operatora je da navodi (održava) markicu po površini modela. On

za tu svrhu koristi, osim pokretanja pedale Z, i mjenjač brzina, koji mu omogućava da uskladi brzinu profilisanja kontinuitetom od 0,8 mm/sec do 12 mm/sec; najmanja brzina profilisanja omogućava mu da uskladi brzinu profilisanja, bez teškoća, u brdovitijim predjelima. Ova amplituda mjenjača brzina omogućava široki izbor dužina blendi, a to daje optimalni učinak na svim kategorijama reljefa zemljišta. Vrijeme obrade modela, u srednjem, reda je 2 časa za ortofotografije formata 780 mm x 500 mm.

Diferencijalno redresiranje

Pomjeranje situacije nastale reljefom i promjena razmjere aerofoto snimka, funkcije su, s jedne strane, koordinata razmatrane tačke u odnosu na centar projekcije aero-foto kamere, a s druge strane nagnuća optičke ose aero-foto kamere u toku ekspozicije.

Da bi izveli konverziju aero-foto snimaka u ortofotografiju izvodi se kontinuelno diferencijalno redresiranje malih linearnih elemenata slike, koji se projeciraju na film. Položajna tačnost, u centru ovih linearnih elemenata, osigurana je pomjeranjem filma proporcionalno pokretima X, Y i Z prilikom obrade modela na autografu.

Kod instrumenata sa centralnom optičkom projekcijom ovi diferencijalni elementi se uvijek projektuju u ravnini ortofilma (film za ortofotografiju), tačnih po smjeru i razmjeri, gdje ravan terena predstavlja ravninu projektovanja u odnosu na širinu profila.

Kod instrumenata sa ortogonalnom projekcijom, kao što je WILD A8, razmjera, referentni smjer i perspektivna rotacija slike, uvode se kao diferencijalni elementi, putem optičkog korekcionog uređaja (optički korekcionni uređaj sadrži Dowe prizme i Zoom-mjenjač uvećanja). Svi ovi elementi su u sprezi sa analognim računarom koji transformiše, u pravouglu mrežu, perspektivnu projekciju uslovljenu aero-foto snimkom; ovim se permanentno obezbjeđuju parametri diferencijalnog redresiranja.

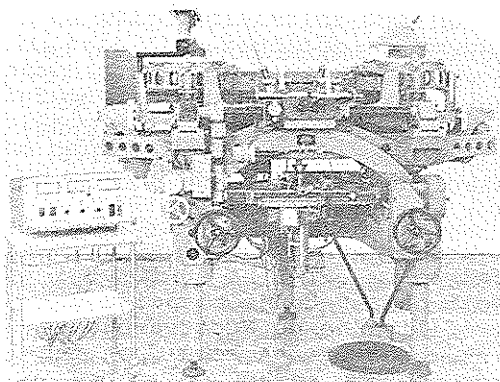
Redresirani elementi se projeciraju kontinuelno kroz otvor, oformljen uskom trapezoidalnom blendom na nosaču filma. Doboš se pomjera ili okreće proporcionalno koordinatama modela X, Y posredstvom mehaničkih prenosa.

Treba napomenuti da ugradjivanje Zoom-a i Dowe prizama, i njihovo uklapanje u optički sistem instrumenta je složena

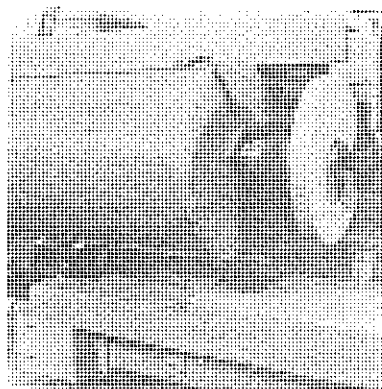
operacija i predstavlja relativno složeni optički sistem. Ipak, ovim načinom postignuta je vidna prednost u odnosu na druge sisteme: minijaturnost sistema omogućila je da se ugradi pomoćni uređaj PP08 neposredno na WILD A8, mogućnost korišćenja instrumenta pri dnevnoj svjetlosti i mogućnost deriviranja (da se izvede) ortofotografija iz lijeve kamere autografa čime se izbjegava ponovno uvodjenje, često netačno, orijentacionih elemenata na 3-ćoj kameri.

S druge strane, pomoću uređaja PP08, obezbjedjeno je uvećanje po čitavoj površini modela i to od 0,75 do 6,2; uređaj Zoom odlično osigurava fokusiranje sa razlagujućom moći reda 60 l/mm u ravni negativa, odnosno dijapozitiva.

Optički sistem sadrži regulator ekspozicije koji odlično osigurava homogenost ortofotografije u crno-bijeloj i kolor tehnici, nezavisno od promjene brzina, relativnih visina na modelu i nagiba optičke ose snimanja.



Sl. 2 - WILD PO08



Sl. 2 - WILD PP08 - Pogled sa zadnje strane na doboš sa filmom

Mehanički princip

Autograf A8 opremljen je sistemom unakrsnih kolica za obradu modela. Kao kod konvencionalnog korišćenja, lijevom ručicom (volanom) upravlja se pokreti ma X. Stub Z, koji reguliše nivo presjecanja polarnih štapova, podešava se nožnom pedalom. Kada je PP08 u radu, profili se obraduju u smjeru Y i obje ručice (volani) nalaze se u položaju orto; jednostavno, tada je lijeva ručica (volan) isključena od osovine X, a desnu ručicu (volan) operator koristi za visinsku kontrolu (v.sl.3). Kontrolu visina (Z) operator izvodi isključivanjem desne ručice od osovine Y i njenim uključivanjem na osovinu Z, koristeći jednu pomoćnu kutiju i

dupli (dvostruki) dodatni kardan. Druga pomoćna kutija, koja se nalazi odmah iznad pedala Z, omogućava iskopčavanje i ukopčavanje pedala Z. Ove različite operacije izvode se jednovremeno u dva smjera.

Pokretan prsten (v. sl. 4) omogućava da se u toku operacije profilisanja mijenjaju brzine profilisanja idući od 0,8 mm do 12 mm/sec u nivou ortofilma; prsten se nalazi na vertikalnom nosaču kolvke A8.

Početno profilisanje određuje se po želji, a zaustavljanje podešavanjem posebnog uređjaja nazvanog usmjerenom skretnicom po smjeru Y (v. sl. 5).

Pomjeranje po X-u i promjena pravca po Y tada se izvodi automatski. Doboš sa filmom, pomjera se po X-u, za veličinu korišćene blende, po klizućim sankama u sklopu okvira instrumenta. Okretanjem doboša profiliše se po smjeru Y u nivou modela.

Uzajamni pokreti kolica autografa i doboša povezani su teleskopskim vretenima (bušnim vretenima); pokretanje se izvodi putem djevu komandnih kutija u nivou doboša. Ove komandne kutije snabdjevene su motorima i prenosnom kutijom za ukopčavanje zupčanika, koji se mogu mijenjati (v.sl.6) u odnosu 4:1 do 1:4 za translaciono i rotaciono pokretanje doboša i pokretanje kolica X i Y u nivou modela.

Prije nego se stavi u pokret uređjaj PP08, doboš sa filmom postavlja se u početni položaj po smjeru Y na A8 i spoji se sa beskrajnim zavrtnjem koji obezbjeđuje rotaciju doboša sa filmom. Položaj za profilisanje po X ostvaruje se automatski (v. sl. 7), pritiskom dugmeta na komandnoj tabli elektronske jedinice; u tom momentu dijafragma doboša se otvara, a blenda se nalazi tačno, u gornjem lijevom uglu, lijevo od filma orto. Poslije regulisanja dužine profila, prije nego se počne sa profilisanjem modela, potrebna su manja dotjerivanja radi otklanjanj a izvjesnih eventualija koje su plod pogrešaka pri podešavanju instrumenta za rad. Ekstremni položaj instrumenta i profilisanje osigurani su električnim putem, tj. električnim napajanjem motora povezanog sa uređjajem za akustični alarm.

Optički sistem

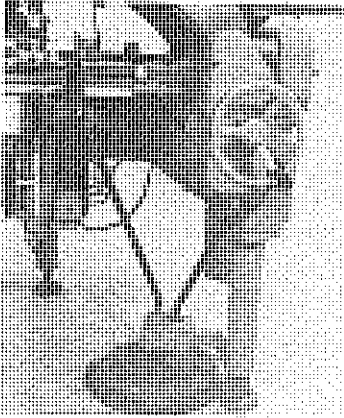
Da bi se započelo sa diferencijalnim redresiranjem, uvedeni elementi za lijevu kameru A8 podliježu rotaciji i promjeni razmjere u optičkom sistemu PP08; zatim, projektuju se na ortofilm kroz otvor blende. Optički sistem je adaptiran za obradu negativa, bez razlike, u crno-bijeloj ili kolor tehnici.

Jako i ujednačeno osvjetljenje optičkog sistema potrebno je radi obrade modela. U ovu svrhu koriste se halogene lampe sa kondenzatorom (v. sl. 8). Slika se prenosi na lijevi okular optičkim sistemom A8 sa izvjesnim dodatnim elementima: (BS, v.sl.9) prizma separator. Ispod ove prizme smješten je optički sistem za ortofotografsku projekciju.

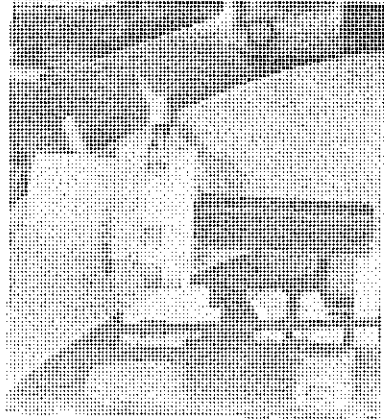
Kod A8, rotacija slike koja se izvodi u nivou optičkog kardana, naginjanjem kamere po φ i ω , kao i promjenama baze, kompenzuje se okretanjem Dowe prizama od strane operatora, s ciljem da se dobije (postigne) pogodna stereoskopska vizija. Za izradu ortofotografija, ovaj je kriterijum nedovoljan, jer najmanja netačnost pri ovoj korekciji usloviće netačnu orijentaciju elementarnih slika pri projekciranju.

Da bi se postiglo što bolje podešavanje korekcije, postupa se na slijedeći način: Dowe prizma D_1 se najprije, manuлно, približno reguliše od strane operatora - što važi kao pravilo. Ova prva orijentacija Dowe prizme D_1 , prenosi se automatski na Dowe prizmu D_2 , koja se nalazi u sklopu optičkog sistema orto. Pomoćna mreža - krst končiča, normalno nefokusirana, dovodi se u vidno polje lijevog okulara. Ova mreža-krst končiča sastoji se od horizontalnog konca i malog centrisanog kruga. Da bi se sa tačnošću odredila rotacija slike, kolica X se pomjeraju i dovode u položaj $Y = 200$. Posmatrajući položaj niti mreže, u odnosu na sliku u pokretu, operator je u stanju da tačno reguliše Dowe prizmu D_1 , sa zavrtnjem za rektifikaciju. Završno regulisanje se izvodi istim mehanizmom na Dowe prizmu D_2 ; ovim završnim postupkom Dowe prizma D_2 je tačno postavljena u odgovarajući položaj za ostvarenje ortofotografije. U toku diferencijalnog redresiranja Dowe prizma D_2 automatski se okreće u odnosu na početni položaj, naravno, u zavisnosti izračunatog usla na analognom računaru, čitavom dužinom obradjivanog modela.

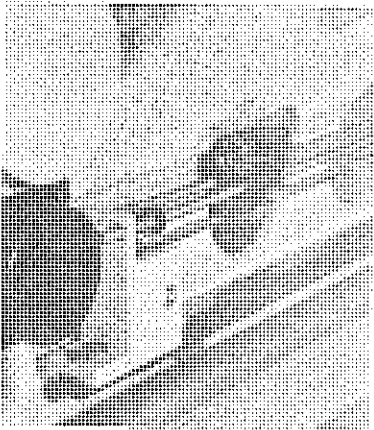
Slijedeći optički projekcioni element orta je mjenjač uvećanja, koji se sastoji od reverzibilnog durbinčiča Galileo. Korišćenjem odgovarajućih dugmadi mogu se postići slijedeća uvećanja: $2/3$, 1 , $3/2$. Kombinacija uvećanja postiže se mjenjačem, a vlastito optičko uvećanje projekcije orto omogućava da se postigne faktor uvećanja koji je blizak izabranom uvećanju ortofotografije. Tačno podešavanje uvećanja, kao i promjena razmjere kod diferencijalnog redresiranja, dobija se optikom Zoom-a, koja se nalazi ispred orto doboša; rukovanje se izvodi računarem.



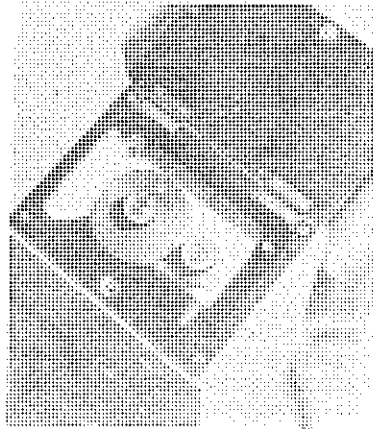
Sl.3 - Uredjaj za visinsku kontrolu



Sl.4 - Upravljač brzina

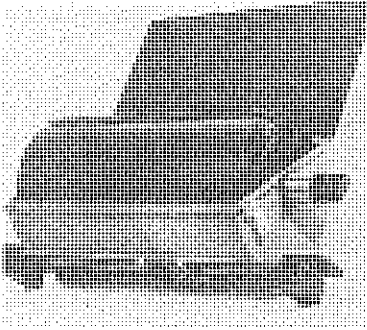


Sl.5 - Skretnica, regulator profilisanja po Y i X



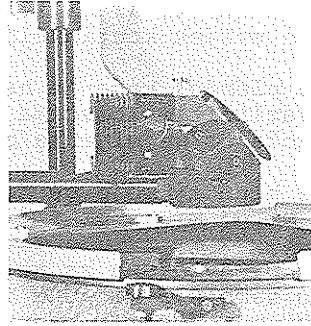
Sl.6 - Prenosna kutija Y

Potpuno optičko uvećanje negativ-ortofotografije može se kretati između 0,75 i 6,18; ovaj interval predstavlja proizvod uvećanja projekcije optičke baze V_A , uvećanja mjenjača V_i i uvećanja V_{Zoom} . Kombinovano sa tri uvećanja na mjenjaču, nominalno uvećanje Zoom-a, koje se kreće između 0,51 i 1,88, omogućava potpuno uvećanje od 0,75 do 6,18.



Sl.7 - Doboš sa filmom

$$V_{Ti} = V_A \cdot V_i \cdot V_{Zoom}$$



Sl.8 - Sistem osvjjetljavanja

$$0,75 \leq V_{T1} \leq 2,75$$

$$1,12 \leq V_{T2} \leq 4,12$$

$$1,68 \leq V_{T3} \leq 6,18$$

S druge strane je evidentno da je s a totalnim uvećanjem, većim od 3,4 nemoguće kompletno obradivati model 23 cm x 23 cm, pošto je maksimalni korisni format, koga može da primi orto-doboš, ograničen na 780 x 500 mm (v. sl. 10). Ova restrikcija je logična kod mjerenja, gdje se razlagajuća moć smanjuje brzo prema ćoškovima negativa, odnosno dijapozitiva. Dakle, ne može se dobiti dobra ortofotografija, sa jakim uvećanjem, osim u centralnom dijelu negativa, odnosno dijapozitiva.

Etalon (skala) sive boje (GS vidi sl. 9) kojom se osigurava podešavanje ekspozicije, ugrađena je u optički sistem, koji se nalazi iznad Zoom-a. Njen početni položaj se reguliše u zavisnosti od elemenata ekspozicije u odnosu na negativ; koristi se reglažno dugme i indikator položaja, koji se nalaze na komandnoj tabli elektronske jedinice. U toku obrade modela, položaj ovog etalona (skale) se mijenja automatski pomoću servo-motora, naravno, zavisno od promjena uveličanja i brzine obrade modela.

Ispod Zoom-a nalazi se pokretno ogledalo, koje omogućava da se derivira (izvede) iz ose svjetlomjera (EM, v.sl.9) centralni dio slike i da se predstavi u nivou ortofilma. Ovaj sistem omogućava operatoru da izvrši, dosta brzo, potrebna mjerenja za odredjivanje uslova ekspozicije. Dobijena mjerenja naznačena su pokazateljem koji se nalazi na komandnoj tabli elektronske jedinice; srednja vrijednost tih mjerenja neposredno se prenosi na pokazatelj etalona sive boje pa je tako početni položaj etalona sive boje odredjen. Ovaj uređaj je dovoljno tačan i sve probe ekspozicije su suviše.

U toku projekcije orto, dijelovi slike projeciraju se Zoom-om kroz blendu (v. sl. 11). Ortofilm se pomjera iza ove blende i tako je uvijek kontinuelno eksponiran.

Dužina blende, koja je napravljena kroz masku na staklu, odgovara različitim koracima mehanizma za translaciju doboša. Dakle, može da se mijenja od 1 mm do 12 mm sa korakom od 1 mm.

Dužine blende, koje se normalno koriste pri radu, su slijedeće: 2 mm, 3 mm, 5 mm i 8 mm.

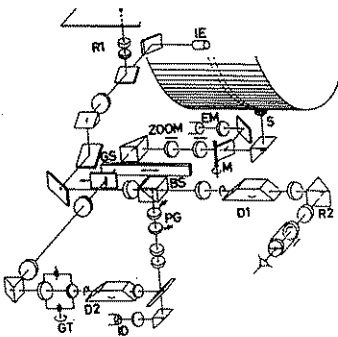
Blende predviđene za negative u crno-bijeloj tehnici imaju širinu samo 0,2 mm. One doprinose izrazitoj jasnoći orto-slike, čak i kod dosta nagnutih profila.

Blende namjenjene za kolor tehniku širine su 0,6 mm i koriste se sa kompenzacionim filterom, koji se mora postaviti u poseban dio (ormarčić) specijalno predviđen za ovaj slučaj.

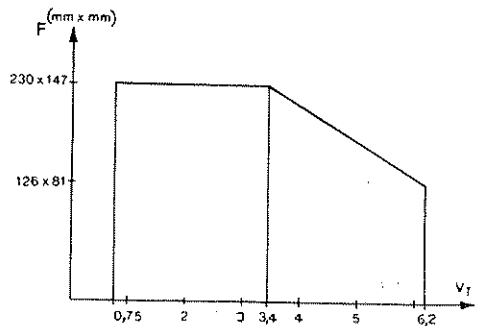
Podešavanje osvjetljenja u okularima

Budući da osvjetljenje halogene lampe mora da bude konstantnog intenziteta u toku izrade ortofotografije, svjetlosnu jačinu slike, prezentiranu lijevim okularom, podešava sam operator putem polarizacionih filtera postavljenih u kućištu okulara.

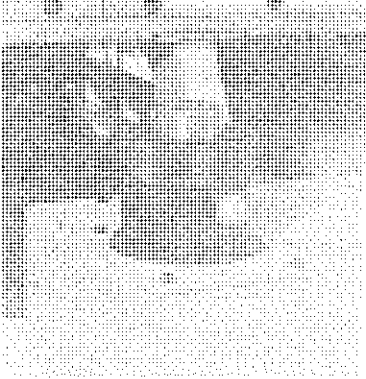
Korisna površina desnog negativa osvjetljena je ujednačeno reflektorom sa dvije lampe, snabdijevanih uobičajenim uređajem za podešavanje osvjetljenja - reostatom.



Sl. 9 - Optički sistem



Sl. 10 - Površina koja se koristi pri preklapanju od 65%



Sl. 11 - Maske blende

Stabilizacija slike

Mehaničke konstrukcione tolerance mogu da prouzrokuju blage pokrete slike u toku prenosa pokretnim dijelovima optičkog kardana. Na autografu A8 ovi pokreti su, načelno, reda dijametra markice i nemaju nikakav uticaj na tačnost stereoskopskog mjerenja pošto se odnose na čitavu površinu slike. Međutim, za ortografiju; ovi pokreti potencirani uveličanjem, mogli bi da prekorače toleranciju situacije, koja za ortofotografiju iznosi 0,07 mm.

Uredjaj za stabilizaciju slike ugradjen je u optički sistem PPO8: infracrveni indeks (KI, v. sl. 9), koji se jasno razlikuje od projektovane slike, postavljen je na mjesto prolaza svjetlosnog snopa zrakova u nivou mikroskopa (p, p, v. sl. 1); mehanizam postavljanja izveden je pomoću poluprovodnog ogledala. Dakle, ovaj indeks je podredjen svim lošim pokretima slike u toku njenog prenošenja pokretnim dijelovima optičkog sistema.

Ćelija kvadratnog oblika, osjetljiva na infracrveno zračenje (ID, v. sl. 9), postavljena je na mjesto prolaza svjetlosnih zrakova, tj. presjeca trag prolaza svjetlosnih zrakova i registruje decentrisanje slike, koje se automatski kompenzira djelovanjem dviju pločica postavljenih licem u lice paralelno (PG, v. sl. 9), koje djeluju prema dvjema osama upravnih jedna na drugu.

Analogni računar

Rotacija slike, koja se vrši Dowe prizmom, kao i promjena razmjere dobijena Zoom-om, odredjuju se neprekidno u toku projeciranja, analognim računarem. Formule, koje se koriste

prilikom ovog računanja, izvedene su iz odnosa perspektive nagnute ravnine aero-foto snimka i horizontalne ravnine ortofotografije, diferenciranjem osnovne fotogrametrijske formule:

$$\tilde{P} = A \cdot \tilde{p}$$

gdje A predstavlja, u ovom slučaju, matricu rotacije, koja odgovara sistemu osa autografa A8.

Faktori razmjere za redresiranje dijelova slike određeni su po X izvanredno tačno, po formulama:

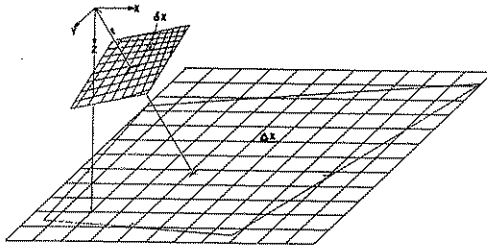
$$m_x = \frac{Z}{f} \left[1 - \frac{2(\phi + \psi)}{\rho} \frac{X}{Z} + \frac{\omega}{\xi} \frac{Y}{Z} \right]$$

ili

$$m_x = \frac{Z}{f} F$$

Za ugao rotacije, dobija se:

$$\alpha_x = \left[\frac{\phi + \psi}{\rho} \frac{Y}{Z} \right] \left(1 - \frac{\omega}{\xi} \frac{Y}{Z} \right)$$



Sl. 12.

Koordinate modela X, Y i Z, svedene u ove jednačine, odnose se na centar lijeve projekcije autografa A8. One se neprekidno prenose na računar-potenciometrom podredjenim pokretima kolica A8. Centar projekcije A8 pomjera se u toku promjene baze i zajedničkog uzdužnog nagnjanja; vrijednosti baze "b" i ugao "ϕ" moraju se uvesti u računar prije apsolutne orijentacije modela. Na isti način dolazi se do nagnjanja ψ i ω lijeve kamere.

Maksimalna vrijednost ± 6 g je predviđena u računaru za sveukupno naginjanje $(\phi + \varphi)$ lijeve kamere.

Ako se vodi računa o maksimalnom nagnuću štapova po X i Y, $\frac{X}{Z} = \frac{X}{Z} = 0,8$, parametar F u jednačini izražava m_x koji se mijenja između 0,77 i 1,22. Parametar α_x se mijenja između - 5,2 g i + 5,2 g i može se koristiti direktno za kontrolu Dowe prizme.

$$0,77 \frac{Z}{f} \leq m_x \leq 1,23 \frac{Z}{f}$$

$$- 5,2 \text{ g} \leq \alpha_x \leq + 5,2 \text{ g}$$

Uvećanje Zoom-a V_{Zoom} funkcija je m_x , uvećanja (mjenjača) V_i i odnosa prenosa model-ortofotografija.

U toku izrade ortofotografije, odnos globalnog uvećanja, koje je funkcija mehaničke projekcije i odnosa prenosa G, evidentno, mora biti jednak totalnom optičkom uvećanju

$$V_{\text{TMEC}} = V_{\text{T OPT}}$$

$$V_{\text{T}} = \frac{Z}{f} \cdot F \cdot G = V_A \cdot V_I \cdot V_{\text{Zoom}}$$

dakle

$$V_{\text{Zoom}} = \frac{Z}{f} \cdot F \cdot \frac{G}{V_A \cdot V_I}$$

Izraz $f \cdot \frac{V_A \cdot V_I}{G}$ odgovara vrijednosti C koja se uvodi u računar. Ova vrijednost, koja može biti primljena "u glavnom međuprostoru" računara, određuje se jednostavno šibrom. Iz čisto elektronskih razloga, vrijednost V_A , koja se koristi prilikom ovog računanja iznosi 1,5 umjesto stvarne vrijednosti 2,19.

U računaru, uvećanje Zoom-a, računa se po slijedećim formulama:

$$V_{\text{Zoom}} = \frac{Z}{C} F = \frac{Z}{C} \left[1 - \frac{2(\phi + \varphi)}{\rho} \frac{X}{Z} + \frac{w}{\rho} \frac{Y}{Z} \right]$$

Rad na instrumentu

Prirodno je da se neki prethodni podaci moraju odrediti prije nego se pristupi radnom podešavanju instrumenta; taj rad na podešavanju instrumenta ogleda se u slijedećem.

Uopšte, po pravilu, razmjera negativa $M_b = 1:m_b$ i razmjera ortofotografije $M_k = 1:m_k$ određene su unaprijed, pa je prema tome faktor uvećanja:

$$V_T = \frac{m_b}{m_k}$$

Ova se vrijednost može pročitati na dijagramu (v. sl. 13). Naravno, ona mora da odgovara mogućnostima instrumenta ako se ortofotografija mora direktno proizvesti u željenoj razmjeri m_k . Za uređaj PPO8, negativ se može smanjiti ili povećati u intervalu 0,75 do 6,18. Ovaj interval se može smanjiti kod izrazitih visinskih razlika ili ekstremne nagnutosti slike.

Ako visinska razlika iznosi 20% visine leta reduciranje će se svesti od 0,8 do 5,6; a kod slučaja gdje se izrazite visinske razlike prepliću sa nagnutošću, i kad cio model mora biti ortografiran, faktor redukcije se kreće od 1,1 do 5,5.

$$(\phi + \psi) \max = \omega \max = \pm 6 \text{ g}$$

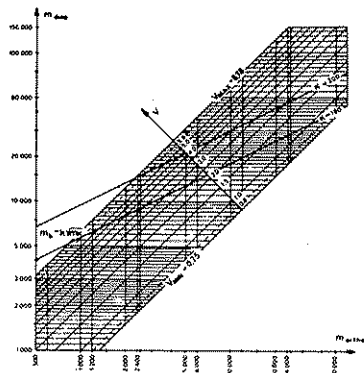
Normalno da pri izvjesnim uslovima ima i izuzetaka.

Razmjere negativa, koje se uobičajeno koriste za izradu ortofotografija u praksi prikazane su na slici 13, odnosno na dijagramu; osjenčeni redovi na dijagramu odgovaraju razmjerama uobičajeno korišćenim pri izradi ortofotografija. One su izvedene iz odnosa von Grubera:

$$m_b = K \cdot \sqrt{m_k} \quad \text{gdje } K = 180 \text{ do } 300$$

Iz dijagrama na slici 13 jasno se vidi da se uređaj PP08 koristi za izradu ortofotografija u razmjerama 1:1000 do 1:100.000.

S obzirom da je odnos razmjera negativa i ortofotografije određen, potrebno je odrediti optimalnu razmjeru modela u zavisnosti mogućnosti A8.



Sl. 13

Na dijagramu (sl. 14) jasno je definisan tok rada. Ovaj dijagram nedvosmisleno pokazuje rastojanje projekcije Z (na autografu) u zavisnosti potpunog uvećanja V_T i odnosa mehaničkog uvećanja G za određeni objektiv (ovde Aviogon $f = 152$ mm). Presjek ordinata u nivou V_T (poznato) sa pramenom pravih koje odgovaraju različitim mehaničkim odnosima G označavaju rastojanje projekcije koje se uvode u autograf. Evidentno je, da je korisno izabrati vrijednost G , koja odgovara najvjerovatnijem rastojanju projekcije da bi se sačuvala izvjesna rezerva za savladjivanje izvjesnih relativnih visina na modelu.

Razmjera modela određuje se po formuli: $m_m = m_k \cdot G$

i ostaje samo da se osigura visinska razmjera koja odgovara i s kojom se raspolaže.

Na istom dijagramu (v. sl. 14) može se pročitati položaj mjenjača uvećanja V_i , koji je povezan sa potpunim uvećanjem datim V_T i položaj Zoom-a u jednačini:

$$V_i = \frac{V_T}{V_A \cdot V_Z} \approx \frac{V_T}{2,6}$$

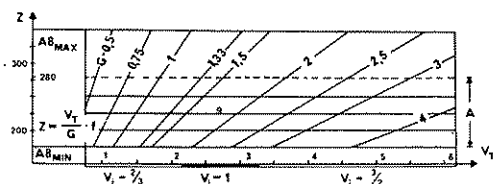
Budući da su određeni: uvećanje V_i i odnos mehaničkog uvećanja G , ostaje da se ustanovi početni položaj Zoom-a.

$$V_{\text{Zoom}} = \frac{Z}{f} \cdot F \cdot \frac{G}{V_A \cdot V_i} = \frac{Z}{C} \cdot F$$

Ova jednačina spaja konstantne parametre, koje nazivamo "glavno rastojanje" C računara.

Vrijednost C računa se po formuli: $C = f \frac{1,5 V_i}{G}$

i uvodi se na elektronskoj komandnoj tabli. Tada se Zoom automatski dovodi u svoj početni položaj.



Sl. 14

Ostaje nam još da osiguramo format ortofilma u ravni redreširanja (780 x 500 mm); ova površina ne smije biti prekoračena u toku obrade.

Za širokougaoni model ($f = 152$ mm, $S = 230$ mm) sa uzdužnim i bočnim preklapanjem $Q = 0,2$ S sa susjednim modelima, minimalna površina $A = 0,9S \times 0,5S = 207$ mm x 115 mm koristi se prilikom obrade. Sve do potpunog uvećanja $V_T = 3,8$ ova će površina biti efektivno ortofotografisana. Za veći odnos uvećanja, obradivana površina biće smanjena, ili podijeljena za dva ili više prolaza. Površina obrade u nivou modela određuje se pomoću slijedećih jednačina:

$$A_y \text{ (mm)} = \frac{780}{G} \quad A_x \text{ (mm)} = \frac{500}{G}$$

i zatim se na autografu, na dugmetu-skretnice podese ove veličine.

Posljednja operacija koja prethodi sastoji se u izboru dužine blende koju ćemo koristiti za razmatrani model, dakle fiksirati širinu reda pri obradi modela. Rezon učinka nameće nam izbor što šireg reda, što u isto vrijeme povećava greške projiciranja prouzrokovane poprečnim nagibima u smjeru profilisanja.

Dijagram (v. sl. 15) omogućava da se procijene maksimalne greške u zavisnosti poprečnih nagiba i različitih dužina blendi. Dijagram (sl. 16) omogućava da se procijeni vrijeme obrade modela sa srednjom brzinom obrade od 1,5 mm/sec u zavisnosti potpunog uvećanja V_T i izabrane dužine blende.

Evidentno je da se izbor dužine blende može odrediti samo kompromisom učinak-tačnost.

U slijedećoj tablici dat je pregled vremena potrebnog za izradu ortofotografije:

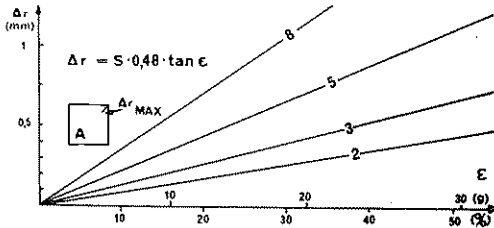
1. Centriranje i ulaganje negativa, orijentacija stereopara:	0,5 - 2 č.
2. Mjerenje ekspozicije, rotacije slike, prenos elemenata orijentacije na računar, podešavanje PP08, podešavanje profilisanja na A8, punjenje filmom i postavljanje orto-doboša na svoje mjesto:	0,5
3. Obrada modela:	0,5 - 5 č.
4. Skidanje, pražnjenje orto-doboša, uzimanje početnih elemenata podešavanja:	0,25 č. <u>1,00-7,55 č.</u>

Ovo vrijeme se odnosi na normalni slučaj i nezavisan par. Prirodno je da se ovo vrijeme može smanjiti ako su elementi orijentacije već poznati ili ako je riječ o većem radijstvu, za koje izvjestan broj elemenata ostaje nepromijenjen.

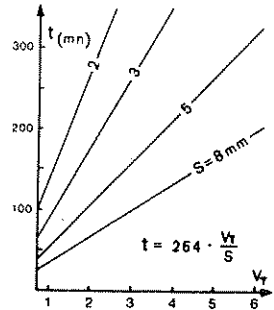
U slijedećoj tablici prikazano je srednje vrijeme (časovi) dobijeni pri uobičajenoj tekućoj proizvodnji ortofotografije.

Broj modela	Razmjere		Potpuno uvećanje	Dužina blende
	negativ	orto		
36	1:10.000	1:2.500	4	5 mm
Obradiva površina (negativ)	Orijentacija (sred.vrij.)	Obrada (sred.vrij.)	Cjelokupna obrada modela (sred.vrijeme)	
115 mm x 115 mm	2 č 10 min	1 č 25 min	3 č 35 min	

Mora se napomenuti da se ovo vrijeme odnosi na ortofotografiju proizvedenu neposredno u njenoj finalnoj verziji (razmjeri). Još veći učinak bi se mogao postići redresirajući u razmjeri negativa. Vrijeme obrade bilo bi tada smanjeno na minimum i više modela mogli bi biti projicirani na isti ortofilm. No, ovaj bi postupak, nasuprot željama, doveo da kasniji reprodukcijski radovi budu lošijeg kvaliteta. Ipak, ovaj postupak bi bio interesantan kod dopune ili obnavljanja karata ili kada je potrebno proizvesti foto-mozaike u različitim razmjerama.



Sl. 15



Sl. 16.

Položajna tačnost

Geometrijska tačnost diferencijalnog redresiranja zavisi upravo od autografa i ortofotografskog uređaja.

Što se tiče autografa A8, test koj i je izveden na sedam različitih A8, od strane G.P. Kaasila - Kraljevski institut za tehnologiju, Stockholm, pokazao je da srednja kvadratna greška u nivou negativa, iznosi:

$$m_{xy} = \pm 5,1 \text{ mikrona}$$

Što se tiče visinske predstave, testom koji je izveden u fabrici, za seriju od dvadeset instrumenata, dobijena je slijedeća srednja kvadratna greška:

$$\frac{m_h}{h} = 0,03\%$$

što odgovara apsolutnoj grešci od ± 9 mikrona u nivou ravnine projektovanja.

Visoka unutrašnja tačnost ovog instrumenta povoljno se odražava na diferencijalno redresiranje. Tako, položajne greške dobijene na test-mreži kvadrata, u nivou ortofilma, nisu prešle $m_{x,y} = \pm 0,06 \text{ mm}$; test je izveden na četiri instrumenta sa $\sqrt{V_T} = 3,4$ (srednje kvadratne greške su dobijene, za

svaki instrument, na osnovu dvadeset očitavanja presjeka projekirane mreže kvadrata).

Srednja greška urazmjerenja, koja rezultira iz iste transformacije, bila je:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 0,03\%$$

Ova visoka tačnost potvrđena je mnogobrojnim rezultatima koji su iznijeti u donjoj tablici, naravno dobijeni pri praktičnim radovima.

Stereopar	I oblast	II oblast
Fokusno rastojanje	$f = 152 \text{ mm}$	$f = 152 \text{ mm}$
Razmjera negativa	1 : 6.700	1 : 17.000
Razmjera modela	1 : 4.000	1 : 12.000
Razmjera orto	1 : 2.000	1 : 6.000
Potpuno uvećanje	$V_T = 3,4$	$V_T = 2,8$
Relativne visine	40 m	500 m
Dužina blende	$S = 2 \text{ mm}$	$S = 4 \text{ mm}$
Kontrolne tačke	24	8
Srednja kvadratna greška u nivou orto (mm)	$\pm 0,04$	$\pm 0,14$

Ovi rezultati moraju biti pripisani, jednim dobrim dijelom, tačnosti podešavanja dvaju parametara redresiranja - regulisanim računarem.

U slijedećoj tablici iznijeti su podaci rotacije X koja odgovara različitim stepenima nagnuća negativa i perspektivnog zraka, kao i položajna greška koja bi proizašla ako se ova rotacija ne bi izvela.

Y (mm)	Z (mm)	$(\Phi + \Psi)$ (g)	ω (g)	X (g)	Y_B (mm)
200	200	6	0	6,0	0,34
200	200	6	-6	6,5	0,41
200	200	3	-3	3,1	0,20
100	300	3	-3	1,0	0,6

Maksimalne greške dvaju parametara redresiranja su $\frac{dmx}{mx} = 1,5\%$ za faktor razmjere i $\alpha_X = 10^C$ za ugao rotacije.

Ovo su vrijednosti za maksimalne položajne greške $X = 0,06 \text{ mm}$ i $Y = 0,006 \text{ mm}$, pri dužini blende 8 mm. Ove se greške mogu smatrati praktično zanemarljive.

Moć razlaganja

Kvalitet ortofotografije zavisi od razlagajuće moći optičkog sistema isto toliko kao i od geometrijske tačnosti redresiranja.

Ova razlagajuća moć ispitivana je na test-ploči sa tri linije, postavljene na nosaču ploče i projicirane u ravni redresiranja. Slike ovih linija najprije su opažane ne mijenjajući položaj očiju, zatim je slijedila jedna dinamična kontrola poslije projekcije na orto film, sa srednjom brzinom profilisanja od 1,5 mm/sec u nivou negativa; profilisanje je izvedeno sa dva projekciona rastojanja, naravno ekstremna, ali konstantna i koja odgovaraju uveličanju V_T od 1 do 6.

Vrijednosti koje su dobijene u ravni negativa, na dva instrumenta, iznijete su u slijedećoj tablici:

Test	$V_T =$	Statičnost		Dinamičnost	
		1	6	1	6
Instr. A		60	68	30	60
Instr. B		57	80	28	64

Dakle, razlagajuća moć optičkog sistema je izrazito visoka. S druge strane, zahvaljujući principima ortogonalne projekcije, primjenjenim kod uređaja PP08, razlagajuća moć biće ista u svim tačkama negativa.

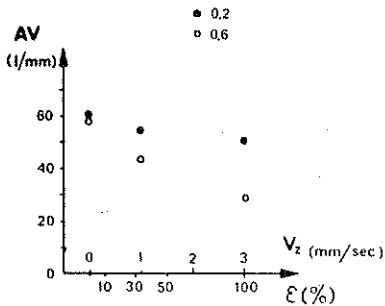
Proučavanje razlagajuće moći, u kome će se povesti računa o promjeni Z u toku profilisanja, biće ipak bliže stvarnim uslovima diferencijalnog redresiranja. Ako je zemljište nagnuto u smjeru profilisanja, fakat je da se blenda treba proširiti, no u ovom slučaju pristupiće se dvostrukoj ekspoziciji, što će usloviti pojavu zona manje-više neoštarih na ortofotografiji. Slika 17. ilustruje pad moći razlaganja u zavisnosti nagutosti zemljišta (korekcije po Z) sa dvije vrste korišćene blende PP08 (0,2 i 0,6 mm). Ovo se može dobiti pod slijedećim uslovima:

- brzina profilisanja u nivou modela $V_Y = 3$ mm/sec,
- totalno uvećanje $V_T = 6$,
- nagnuće perspektivnog zraka = 20 g,
- test sa $\text{LogK} = 2,0$,
- Gevataone Pan P 23 vrsta II (Din 18) Agfa,
- razvijanje sa Kodakom D 76 ($\gamma = 0,6$).

Moć razlaganja izražena je u nivou negativa. Kada je širina blende $B = 0,2$ mm, moć razlaganja se dosta malo mijenja nagibom zemljišta ϵ (*). Za širi nu $B = 0,6$ mm, moć razlaganja

(*Na zahtjev, blenda širine 0,1 mm može se obezbijediti

je svedena na 28 linija/mm kada je nagib $\xi = 50$ g. Jasno je da kod širine blende, veće od ove zadnje vrijednosti, moć razlaganja biće kritična.



Sl. 17 - Moć razlaganja u zavisnosti nagiba zemljišta

Teoretska moć razlaganja, u zavisnosti nagiba, izražava se slijedećom formulom:

$$AV \left[\frac{L}{mm} \right] = \frac{1}{B \operatorname{tg} \xi \operatorname{tg} \nu_y}$$

Za nagnuće perspektivnog zraka $\operatorname{tg} \nu_y = 0,3$ u ravni YZ, moć razlaganja u nivou ortofotografije izražena je u slijedećoj tablici, u zavisnosti različitih stepena nagnuća i triju različitih širina blende.

%	30			50			100		
B (mm)	0,2	0,6	1,0	0,2	0,6	1,0	0,2	0,6	1,0
$AV_{L/mm}$	52	16	10	32	8	6	16	4	1

Predstavljanje reljefa

Ortografija ne daje nikakve informacije o reljefu zemljišta. Medjutim, za sve vrste planiranja potrebne su izohipse i kotirane tačke. Ovi se podaci mogu dobiti drugim operacijama, sa velikom tačnošću, pomoću autografa. Ipak, ovo rješenje predstavlja dosta slabu stranu u smislu reprodukcije; zahtijeva izrazito kvalifikovane stručnjake, dosta dugi rok izrade, što u svemu ne može da bude glavna prednost ortofotografije.

Drugo rješenje sastoji se u korišćenju pomoćnih instrumenata, koji daju takozvane "drop-lines" (padnice). Ovaj pomoćni instrument nije do sada dao, kako to izgleda, zadovoljavajuće rezultate, jer i pored tih linija potrebna je manuelna obrada tako prikazane visinske predstave, što je manje tačno nego proces iscrtavanja izohipsi na autografu. Osim toga, ovo rješenje ne zadovoljava uobičajenu kartografsko-reproduksijsku tehnologiju.

Treba primijetiti da gore napomenute metode daju čisto grafička rješenja. Dakle, u godinama prodora računskih mašina sve se više pojavljuju zahtjevi za informacijama u digitalnom obliku, naročito o prirodi zemljišta, naime informacije koje mogu biti dobijene na prost način u toku obrade modela pri izradi ortofotografije.

Ovi digitalni podaci mogu se koristiti za izradu izvanredno tačnih profila, da se izračunavaju nagibi i zapremine kao i za prenos kotiranih tačaka ili izohipsi.

Imajući u vidu ove činjenice, kuća Wild u zajednici sa Fotogrametrijskim univerzitetom u Stuttgart-u izradila je program za interpolaciju ihohipsi, tj. automatsko prenošenje ravnina izohipsi koje se mogu uključiti na više modela.

DACS (Digital automatic contouring system) prilagodjen je ovim specifičnim potrebama, naime prilagodjen je kartografskim potrebama. Osim kombinacije A8/PP08, ovaj sistem sadrži slijedeće elemente:

- sistem za registrovanje koordinata WILD EK8,
- program interpolacije Stuttgart (SCOP),
- automatski crtači sto CONTRAVES "Coragraph" DC2.

Bibliografija:

- (1) Pölzleitner F. - The Wild PP08 Orthophoto Equipment. XII Internacional Congress for Photogrammetrie, Ottawa 1972.
- (2) Dr Joachim Höhle, dr Helmut Schneider, Wild Heerbrugg Ltd. - The use of Wild PP08 Orthophoto Equipment of the A8 Autograph.
- (3) Stewardson P.B., K.Krauss et D.C. Gsell-DACS, XII Congress for Photogrammetrie, Ottawa 1972.
- (4) David Landen - U. S. Geological Survey Reston, Virginia 22092 Progress in Orthophotography. Photogrammetric Engineering - March, 1974.
- (5) Dr ing.Vjekoslav Donassy. Fotogrametrija II, Zagreb 1973.
- (6) Dr ing.Franjo Braun.Elementarna fotogrametrija, Zagreb 1969.

Adresa: VGI - Beograd

Nikolić Miodrag,dipl.ing.
Nikolić Dragiša,dipl.ing.