

## Uloga fotogrametrije u izgradnji zemlje

Fotogrametrija je grana geodezije koja se bavi izradom planova i karata iz fotografskih snimaka. Prema tome fotogrametrija ima isti cilj kao i obično geodetsko snimanje, ali se od njega bitno razlikuje svojim postupkom. Dok je kod obične geodezije neposredna izmjera zemljišta izključivi i jedini način snimanja, dotle je taj način kod fotogrametrije tako rekuć nužno zlo, kojeg se ona laća u svrhu orijentacije snimaka ili u svrhu nadopune fotogrametrijske izmjere, koja se pokazuje potrebnom usljed nedovoljnog uvida u zemljište iz položaja snimališta (položaj objektiva u času snimanja, ekspozicije).

Kod obične geodezije sama se ta neposredna izmjera svodi na dvojakomjerenje: mjerenje kutova i mjerenje dužina, što proizlazi iz same naravi geodezije kao geometrijske nauke. Zemljište sa svojom razvedenosti, isprejekanosti, zaraštenosti, izgrađenosti, možebitne neprohodnosti (potok, trnje) pružalo je daleko veće poteškoće mjerenju dužina negoli mjerenju kutova. Stoga je nastojanje da se mjerenje dužina gdje je to god moguće nadomjesti mjerenjem kutova isto toliko staro kao i sama geodezija. Ovakvo je pak nastojanje promicalo razvitak optičkih kutomjernih sprava. I kod same triangulacije mjerenje dužina svedeno je na potrebni minimum, pa se takav način pokazao vrlo podesnim ne samo obzirom na udobnost, već i obzirom na točnost. Nastojanje da se mjerenje dužina zamjeni mjerenjem kutova našlo je svoj pravi izražaj u optičkom mjerenju dužina.

Kad je godine 1837. bila od Daguerra fotografija usavršena do praktične primjenljivosti, niknula je ubrzo misao da ju se primjeni u mjerničke svrhe ispočetka barem na onim područjima skromnije točnosti gdje su za nuždu služile skice i krokij. Fotografija kao centralna projekcija daje ipak objektivnije mjerne podatke o zemljištu nego li skica ili krokij. Dok je optika dala mogućnost da mjerenje dužina na zemljištu s uspjehom zamjenjujemo mjerenjem kutova, odnosno smjerova na zemljištu, dotle je fotografija kao rezultat jednog fizikalno-kemijskog procesa pružila novu mogućnost da poznavajući nutarnju i vanjsku orijentaciju kamere za snimanje sve te smjerove skupno od jednom registriramo pomoću svjetlosvjetljive ploče za jedan čitavi neprekinuti skup zemljišnih točaka, t. j. za snimljeno područje. Prvi prikladan instrument za fotogrametrijske snimke kao i prvi postupak za izradu istih stvorio je francuski pukovnik Laussedat. Time je fotografija omogućila da se izmjera prenese sa zemljišta u poslovnicu, te time svedu na minimum sve vremenske i zemljišne poteškoće i neugodnosti. Pronalaskom aviona stvorene su fotogrametriji daljnje mogućnosti kako obzirom na brzinu snimanja, tako i obzirom na prikladnost perspektive. Perspektiva zračnog snimka daleko je bliža planu nego li perspektiva mjernika koji mjeri sa zemljišta. Te prednosti uvjetovale su nagli razvitak fotogrametrije. Koristeći se pronalaskom aviona i razvitkom stereoskopskih instrumenata fotogrametrija se po načinu snimanja i izmjere

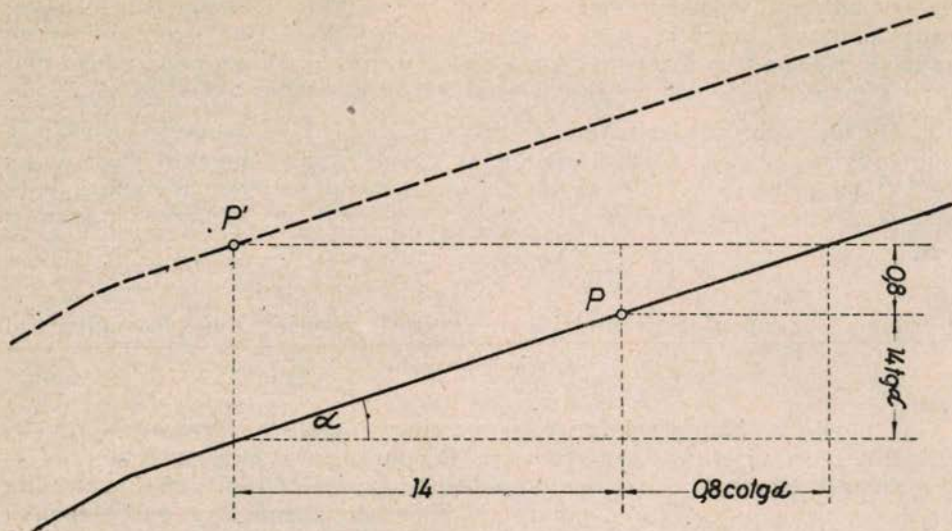
daleko udaljila od obične geodezije, dok joj je zadaća ostala ista — stvaranje planova i karata, pa se postavlja pitanje kako ona ispunjuje svoju zadaću? S time u vezi postavlja se odmah pitanje za koga se izrađuju planovi i karte, tko je njihov glavni i najvažniji koristilac?

Od mnogobrojne primjene karata i planova dakako da je najvažnija ona u svrhu projektiranja i izvođenja gospodarsko-tehničkih radova, pa će biti od primarnog interesa da fotogrametriju i njene mogućnost s te strane promotrimo i prikažemo njenu aktuelnost pri planskoj izgradnji zemlje.

## I. Uloga i zadaća fotogrametrije u izgradnji zemlje: Naše kartografsko stanje i potrebe

Planska izgradnja zemlje je veoma složena zadaća. Ovakvoj se djelatnosti ne može pristupiti bez osnove za čije su proučavanje potrebni podaci gospodarske, tehničke, nacionalno-političke, socijalne, kulturne naravi. Za projekat ovakve izgradnje nadalje je potrebno poznavanje same zemlje, njene površine, a te zemljopisne podatke pružaju u sažetom obliku karte i planovi. Nemoguće je doduše predvidjeti sav razvoj i rezultat ovake djelatnosti. No svakako će se nastojati proučiti sve okolnosti i ispitati sve momente i čimbenike za koje se predmjeva da će se prigodom ovakve djelatnosti pojaviti. Takovo se proučavanje ne može zamisliti bez karata i planova kao podloge svog tog projektiranja. Karte i planovi nisu potrebni samo za generalne osnove već i za detaljne nacрте, te kod same izvedbe, pa su oni kroz čitavo vrijeme djelatnosti svakom projektantu i graditelju većih terenskih radova neophodno važan i potreban oslonac. Potrebno je i poželjno, da se projektant po mogućnosti što češće na licu mjesta upozna sa zemljištem na kojem će se izvađati građevine i odvijati tehnička djelatnost, da bi o njem stvorio što življu i potpuniju sliku. Međutim projektiranje i stvaranje nacрта obavlja se u poslovnici, pa bi ovakav i ako neposredan ali kratkotrajan dodir sa zemljištem sam za sebe bio manjkav i nepouzdan, te kao egzaktna podloga za podatke zemljišnog oblika i izgleda ostaju planovi i karte. Oni moraju dakle sadržavati i označavati sve oblike zemljišta i pojave na njemu koje mogu biti od važnosti i utjecaja za sam projekt i njegovu izvedbu.

Nameću se dva pitanja. Da li postoje karte i planovi koji zadovoljavaju potrebe izgradnje zemlje, te u koliko ne postoje, na koji ćemo način doći do njih? Kako je poznato postoje za čitavo državno područje karte izdanja predratnog Vojno-geografskog instituta u mjerilu 1 : 100.000 i 1 : 50.000 (specijalke), dok tih izdanja u mjerilu 1 : 25.000 nažalost gotovo nema, a u koliko ih ima one su za javnost nepristupačne. Te karte odgovaraju svrsi samo za generalne nacрте većih terenskih radova. Međutim sama grafička točnost iznosi teoretski  $\pm 0.5$ —1 mm, što u mjerilu 1 : 25.000 iznosi  $\pm 12.5$ —25 m. Visinska točnost slojnice iznosi prosječno po prilici  $\pm (0.8 \pm 14 \operatorname{tg} \alpha)$ , a položajna  $\pm (14 \pm 0.8 \operatorname{ctg} \alpha)$ , gdje je  $\operatorname{tg} \alpha$  prirodni nagib terena (slika 1.).



Sl. 1. Pogreška slojnice za mjerilo 1 : 25.000

0,8 srednja pogreška određivanja visina

14 srednja pogreška određivanja udaljenosti

$0,8 + 14 \operatorname{tg} \alpha$  rezultirajuća pogreška visine nastala adicijom utjecaja

$14 + 0,8 \operatorname{ctg} \alpha$  rezultirajuća pogreška udaljenosti nastala adicijom utjecaja

P točan položaj točke P

P' pogrešno određen položaj točke P

Jasno je da te karte obzirom na svoje mjerilo ni po svom sadržaju niti točnosti ne će moći zadovoljavati za detaljne nacрте. Od planova krupnog mjerila postoje naše katastarske mape mjerila 1 : 2880 koje su uglavnom rađene grafički i koje često predstavljaju historijsku vrijednost, pa ni one ne će ni po svom sadržaju i stanju, niti po svojoj točnosti, koja odgovara našoj ondašnjoj mjerničkoj razini, odgovarati potrebama. Te katastarske mape uostalom ne sadržavaju konfiguracije. Kod premjera Srbije u mjerilu 1 : 2500 u predratnoj Jugoslaviji nije konfiguraciji bila posvećena dovoljna pažnja, jer su prvenstvene bile potrebe katastra, a ne tehničke potrebe. Tako nije preostalo drugo, već da tehničkom radu prethodi redovito posebna izmjera dotičnog zemljišta. To je stanje imalo dvije glavne mane. Da bi se olakšalo prosuđivanje i proračun jednog takvog rada, bilo je najprije potrebno angažirati sredstva za tu posebnu izmjeru. S nacrtima i izvedbom moralo se čekati dok se izvrši izmjera. Time se gubilo na novcu i vremenu. S druge strane s narodno-gospodarskog gledišta nije uputno, da se za svaki tehnički rad vrši posebna izmjera na način koji odgovara potrebama tog rada. Kad se već jednom angažiraju sredstva za izmjeru, onda je poželjno da ta izmjera odjednom zadovolji opće potrebe i bude izvršena od mjerodavnih ustanova po jedinstvenim načelima i propisima.

Što se tiče točnosti, to je već prije rečeno, da je za detaljne nacрте mjerilo 1 : 25.000 suviše sitno. S druge strane neće biti uputno općenito zago-

varati suviše krupna mjerila 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 2500. Zagovaratelji krupnog mjerila žive i suviše u iluziji, da je plan vjekovna vrednota. Poznata je stvar, da s krupnim mjerilom raste znatno i trošak i vrijeme potrebno za izmjeru i izradu planova. Tome stoji nasuprot tempo vremena. Tempo vremena, skućena financijalna sredstva i preke potrebe zabacuju rješenja doduše veoma toćna, ali suviše skupa, koja osim toga zahtjevaju suviše vremena. Ona visoka toćnost koju pružaju planovi 1 : 1000, pa 1 : 2000 i onako će rijetko kada biti potrebna za tehnićko-gospodarske radove. Kod tih se radova ne upotrebljavaju numerićki podaci već redovito plan, a sama grafićka toćnost iznosi ovdje 15 odnosno 30 cm. Ti će radovi podnijeti i nešto veću pogrešku, jer samo projektiranje ne ovisi do skrajnosti i isključivo o obliku zemljišta već i o drugim okolnostima. Uzmimo na primjer proraćun masa kod projektiranja jedne ceste. Sam projekat osim o proraćunu masa još više ovisi o mnogim drugim okolnostima, kao premještanje puteva i vodotoka, eventualna puzavost terena, želje interesenata i drugo. Što će jedan projektant tehnićkih radova zahtjevati od plana u pogledu toćnosti situacije i konfiguracije, to će biti jedna primjerena toćnost i vjerna predodžba zemljišnih oblika bez grubih pogrešaka a povrh toga, da plan bude suvremen, te tim svim pouzdan. Ako uoćimo sve ovo naprijed spomenuto i uzmemo u obzir iskustva iz inozemstva, to ćemo loći do zaključka da će potrebama tehnićko-gospodarske djelatnosti najbolje odgovarati gospodarska temeljna karta u mjerilu 1 : 5000, odnosno za manje važne predjele 1 : 10.000, dobivena aerofotogrametrijskim naćinom. Ovaka će karta predstavljati jedan uspjeti kompromis toćnosti, suvremenosti, ekonomije te vremena, u kojem bi se moglo do nje doći. Za generalno projektiranje većih terenskih radova dobro će poslužiti topografska karta 1 : 25.000. Ako se jedamput usvoji aerofotogrametrijski naćin za mjerilo 1 : 5000, onda ne će trebati raspravljati o svrsishodnosti ovog naćina za mjerilo 1 : 25.000. Izmjeri pak u krupnijim mjerilima pristupilo bi se samo tamo, gdje bi to zbilja bilo potrebno i gdje bi bila za to na raspolaganju potrebna financijalna sredstva.

Moramo odmah spomenuti da će aerofotogrametrija osim svojih općih prikladnosti za mnoge naše krajeve biti naroćito prikladna zbog razvedenosti zemljišta, gole kamenite graće, nepristupaćnosti i teških okolnosti za terenski rad.

### Primjena fotogrametrije

Fotogrametrija je kao i svaka nova tekovina bila u početku susretana sa nepovjerenjem. Njoj su kao terestrićkoj fotogrametriji u početku bili dodijeljeni planinski predjeli bez gospodarske važnosti, a koji su zbog razvedenosti i obićno gole kamenite graće naroćito odgovarali ovom naćinu snimanja. U brzo se pokazalo, da je fotogrametrija u ovakvim podrućjima daleko premoćna pred drugim naćinima snimanja ne samo obzirom na udobnost rada, brzinu kojom se izvodi i troškove, već i obzirom na toćnost.

Zatim je ona naroćito kao aerofotogrametrija jedini primjenjivi naćin snimanja za ratne svrhe, gdje svojom brzinom naroćito odgovara. Snimak iz rata već je sam po sebi važan ratni dokumenat. Nadalje je aerofotogrametrija primjenjena u kolonijalnoj geodeziji. Bilo je odmah oćito da

se konglomerat putopisnih skica i krokija, koji su onda bili uobičajeni, nije nikako mogao takmičiti s aerofotogrametrijom ni po točnosti, ni po potrebnom vremenu, ni po troškovima, ni po udobnosti rada.

Napretkom optike, preciznih optičko-mehaničkih instrumenata, te fotografske industrije fotogrametrija se sve više usavršavala i potiskivala običnu geodeziju na područja sve krupnijih mjerila, dok konačno u zemljama s jakim građevnim razvitkom nije postala rado primjenjivanom metodom za brzo i solidno dobivanje suvremenih planova. Isti naime razlozi, koji nas navode na uvođenje fotogrametrije, postoje manje ili više u svim drugim državama.

Fotogrametrija je potiskivala običnu geodeziju, ali ju nije isključila, niti će je moći ukloniti. Oba se načina upotpunjuju pa su i kod fotogrametrijskog snimanja potrebni terestrički geodetski radovi u svrhu određivanja tačaka, koje služe za orijentaciju snimaka, i snimanja zaraštene površine (naročito crnogorične šume, čije iglice kroz čitavu godinu sakrivaju zemljište). Nivelacija i triangulacija kulturnih zemalja, kao i snimanje gradova ostaje i nadalje domena obične geodezije. Kod privredno važnih područja gdje su predviđena krupnija mjerila točke se na zemljištu, čije koordinate želimo odrediti, prije snimanja signaliziraju, čime se znatno povećava točnost, a koordinate se pri izradi očitavaju na brojilima stereoinstrumenta. Najprikladniji oblik signala kod zračnog snimanja je krug takvog promjera da bi se mjerača marka, koja ima isto kružni oblik, mogla sa što većom točnom postaviti pri izmjeri koncentrično sa signalom. Upotrebljavaju se naravski prvorazredni stereoinstrumenti i snima se u krupnim mjerilima. U tu svrhu možemo koristiti iskustva iz probnog snimanja u Njemačkoj (Gross-Maraunen) koja su izvršena na površini od 330 ha. Zemljište je snimljeno umjerilima 1 : 10.000, 1 : 6000, 1 : 4000. Kao najzgodnije mjerilo pokazalo se 1 : 6000. Iz kojih hiljadu tačaka dobivena je položajna točnost točke sa  $\pm 16$  cm (naravski za signalizirane točke). U Holandiji se kombinirala u tu svrhu aerofotogrametrija za zemljište i obična geodezija za izgrađene predjele (gdje osim toga određivanju tlocrta zgrada često smetaju krovovi).

### Osebine zračnog snimka i primjena fotoplana

U takmičenju između aerofotogrametrije i obične geodezije ima aerofotogrametrija veliku prednost u tome što se iz visine pruža bolji pregled, bolji uvid u zemljište, te se perspektiva zračnog snimka daleko više približuje planu, nego li perspektiva mjernika koji mjeri sa zemljišta. Ne samo da se iz zraka pruža bolji pregled, već su zrake svjetla izvan područja totalne refleksije, pa će se i kod većih jezera, rijeka moći zapaziti pličine. Što više na zračnim će se snimcima u stanovitim slučajevima očitovati i unutrašnjost zemljina na pr. kakvi preorani put, stare međe parcela, kakve zasute ruševine, zidovi i slično, zatim geološki sastav u zajednici s ekološkim uvjetima. Sve se ovo očituje po promjeni boje terena, promjeni vegetacije ili pak u arheologiji često po sjenama koje blaga uzvišenja iznad na primjer kakvog zatpanog zida bacaju pri kosoj sunčanoj rasvjeti. Osim toga pruža se bolji pregled preko redosljeda ovakih linija negoli sa terestričke perspektive. »Dok čovjek sa svoje visine, sa svoje perspektive ra-

zabire mustru jednog ćilima dotle se mački čitava mustra i ornamentika slije u jedan pravac» (Crawford). Vlažna mjesta zemljišta odavat će se na snimku svojom tamnom bojom. Time može snimak korisno poslužiti za studij režima podzemne vode i za klasifikaciju zemljišta.

Aerosnimci pored toga što služe za dobivanje točnih planova s horizontalnom i visinskom predodžbom nailaze i sami kao takvi na bogatu primjenu kod tehničko-gospodarskih radova. Aerosnimci će, odnosno skup ispravljenih aerosnimaka tzv. fotoplan za mnoge svrhe odgovarati bolje nego li karta ili plan. Plan ili karta nastoje da izbjegnu prenatrpanost, te zatajuju sve što je niže važnosti ili bez važnosti, a ističu, naglašuju sve pojave koje su važne za koristioaca plana. Karta odnosno plan i aerosnimak lva su slična pojma, svaki sa svojom vrijednosti i svojim nedostatkom. Oni se međusobno upotpunjuju. Na karti je topografskim znakom označen izvor ili put u šumi koji bi na aerosnimku ostao valjda uopće nezapažen. Karta ili plan nam u sažetom obliku donosi sukus zemljišta, te daje njegovu shematsku sliku, a prikazuje nam ga u obliku, kako ga mi u životu nismo navikli promatrati. Kao takav ne će pobuditi u nas toliko živu sliku zemljišta kao aerosnimak. Aerosnimci, naročito ako ih promatramo prostorno pod stereoskopom, daju nam punu, živu sliku zemljišta. Oni donajaju sve pojedinosti bez obzira na važnost jednako naglašene (u koliko su dakako iz zraka vidljive). Usljed toga mnoge važne pojedinosti zbog sitnog mjerila ili zakrivenosti zemljišta ne će moći doći do izražaja, pa moramo pozvati u pomoć plan, koji će nas upozoriti na njih i pomoću kojih ćemo ih ustanoviti. Osim toga zemljište vrvi od pojava i pojedinosti, nijansa koje manje vještom oku kazuju manje, a više vještom više, a što sve ne može biti prikazano na planu. To pak donosi aerosnimak, te pomaže projektantu ili inom koristioacu često bolje nego li plan, da bi se kod rada u birou bolje uživio u zemljište, u okolinu koja ga zanima. To naročito vrijedi kod projektiranja kakvog puta, urbanističkih studija i slično.

Aerosnimak će osobito korisno služiti, kad treba u periodskim razmacima snimiti jedno stanje, da bi se dobila o čitavom razvoju što pravilnija slika. Uzmimo regulaciju jedne rijeke, za nju će biti od velikog interesa da se rijeka i njeno poplavno područje snime kod raznih vodostaja rijeke. Tu se radi o momentalnom stanju, koje bi se uopće teško dalo fiksirati na koji drugi način. Ili kad snimimo od vremena do vremena veća šumska područja, moći ćemo lijepo uočiti sve promjene: rast šume, eksploataciju, štete usljed snijega, vjetra, požara, bolesti i t. d.

Eventualno postojeći fotoplan poslužiti će kao odlično pomagalo u svrhu orijentacije i identifikacije točaka i pojedinosti kod svakog rada i studija na terenu.

Fotoplan može biti po potrebi providen slojnicama. Strogo okomit ili ispravljeni (putem fotografskog preslikavanja) aerosnimak predstavlja plan u slučaju praktički ravnog zemljišta. Sama grafička točnost zajedno s izobličanjem papira iznosi 1 mm.

Aerosnimku je svojstveno jedno relativno sitno mjerilo i za razliku od terestričkog snimka jedna perspektiva, na koju mi u dnevnom životu nismo navikli. To će nam ponešto otežavati razaznavanje. Crnogorična šuma, koju inače promatramo kao skup drveća s poznatim čunjastim oblikom prikazuje nam se na aerosnimku kao fini tamni raster za razliku od grube i ne-

pravilne gotovo poligonalne strukture bjelogorične šume, koja već prema starosti, vrsti i godišnjoj dobi pokazuje razne svjetlije nijanse. Iskusije oko moći će razabrati pojedine vrste bjelogoričnih šuma, pa kulture. Osim toga moći će se i bez stereoskopskog promatranja obzirom na tok puteva, potoka, smjer parcela zaključivati na pad terena, prema različitim kulturama dapače i na strmiji i blaži pad. Aerosnimak treba ukratko naučiti čitati. Iako to izgleda jednostavno ipak je sigurno, da će vještije i iskusnije oko moći više i sigurnije pročitati nego li nevješto i neiskusno.

### Stereoskopska izmjera snimaka

Aerosnimci se u svrhu stereoskopskog promatranja i povezanosti vrše s uzdužnim i poprečnim preklapanjem. Da bi se iz njih izveli planovi, oni se stavljaju u stereoinstrumente, te se promatraju prostorno zajedno s mjeracom markom, koja se pri mjerenju stavlja na dotičnu točku, na površinu u prostoru lebdećeg optičkog modela zemljišta. Kartiranje kako situacije tako i slojnica vrši se automatski. Kod fotogrametrijskog postupka otpada gotovo sve računanje, otpada interpolacija, a plan je neposredan rezultat stereoskopskog promatranja i mjerenja zračnih snimaka. Prema tome grube pogreške i zablude u zemljišnim oblicima su isključene, pa taj postupak daje najvjerniju i najpouzdaniju predodžbu zemljišta, koja se u svako doba može podvrći kontroli. Fotogrametar osim opće geodetske naobrazbe treba da ima dar za stereoskopsko mjerenje i da zna dobro čitati zračne snimke. On na stereoinstrumentu mjeri istom lakoćom brdske kao i nizinske predjele, pa je nepovoljan utjecaj, kojeg vrši nagib zemljišta na snimanje, znatno smanjen. Za snimanje geodetskim stolom u mjerilu 1 : 25.000 koeficijent od  $\text{tg } \alpha$  iznosi 12 do 15, a kod rada na stereoplanigrafu on iznosi 6,3. Fotogrametrija zataji kod predočivanja konfiguracije u gotovo ravnom terenu gdje mora biti nadopunjena tahimetrijom.

### Terenski radovi i orientacione točke

Terenski je rad sveden na minimum, pa smo se time u velikoj mjeri oslobodili terenskih poteškoća i nepoznanica. U koliko bi nas u svrhu izgradnje kakve građevine zanimalo pojedini manji dio zemljišta (manji od cca 30 km<sup>2</sup>), to se ne bi isplatilo snimanje iz aviona. Ako se pruža dobar pregled preko dotičnog zemljišta, može se ono s tog mjesta snimiti sa zemlje. (Na pr. kakova uvala u svrhu izgradnje kakove brane.) Snimanje iz zraka a naročito sa zemlje vrši se prije ili poslije vegetacione periode, da bi bilo što manje prekrivanje zemljišta. Uobičajeni prigovor, da fotogrametrijsko snimanje zataji na zaraštenom terenu, vrlo često nije na mjestu, jer je upravo kod fotogrametrije dana mogućnost da se teren snimi prije ili poslije vegetacije t. j. kad vegetacija pruža najmanje poteškoća uvidu u teren, dok se naprotiv geodetsko terestričko snimanje vrši redovito ljeti kada vegetacija pruža najviše poteškoća.

Točnost ovisi o točnosti orijentacionih točaka, o mjerilu snimanja, fotografskoj izradi, o upotrebljenom stereoinstrumentu i stručnosti osoblja. Kao orijentacione točke služe iz zraka dobro vidljive točke, koje odmjerimo od triangulacionih, poligonskih ili inih datih točaka. Ako točke ne

signaliziramo, onda ih odabiremo nakon snimanja na temelju samih snimaka, te ih naknadno određujemo na zemljištu. Taj način nije prikladan za krupnija mjerila, jer su mnoge pojedinosti na snimku uslijed njegovog sitnog mjerila mnogo određenije nego na terenu na pr. tromeda parcela, donji rub nasipa i t. d. U koliko triangulaciona mreža nije dovoljno gusta, morat ćemo ju progustiti. Ako zemljište nije prikladno za triangulaciju primjenit ćemo precizne poligone s optički mjerenim stranicama, koji su naročito zgodni zbog toga, što su oni elastičniji od triangulacije, te se točke dadu porazmjestiti po redosljedu kako to najbolje odgovara iskorišćenju aerosnimaka. Ukoliko ne stoje na raspolaganju vrijeme i osoblje za određivanje orijentacionih točaka, odnosno ukoliko se ne zahtjeva maksimalna točnost krupnih mjerila, može se njihov položaj odrediti takozvanom aerotriangulacijom na prvorazrednom instrumentu (na pr. Autografu 5). Princip aerotriangulacije sastoji se u slijedećem: Imamo na pr. za prvi stereopar dovoljno orijentacionih točaka, tako da možemo izvršiti pouzdanu apsolutnu orijentaciju stereomodela. Orijehtiramo li sada slijedeći snimak relativno prema prethodnom apsolutno već orijentiranom snimku tako, da prethodni snimak zadrži svoju orijentaciju, a relativna orijentacija bude izvršena mjenjanjem elemenata priključenog snimka, to će takvom relativnom orijentacijom priključeni snimak biti odmah i apsolutno orijentiran. Mjerilo priključenog stereopara odredimo njegovim izjednačenjem sa mjerilom prethodnog stereopara u njihovom zajedničkom pojasu. Taj se postupak može dalje nastavljati, te se na kraju (još bolje i u sredini) poteza kontrolira priključak na orijentacione točke. Postupak zahtjeva poseban način izjednačenja.

Time je prikazan samo princip na kojem se osniva aerotriangulacija ne zalazeći u pojedinosti i konkretna rješenja. Taj problem premošćivanja prostora bez datih točaka može se riješiti i dodatnim snimanjem iz veće visine. Uzmimo na pr. da treba u što kraćem roku doći do plana 1 : 5000 za neko područje. Uzmimo za 1 : 5000 za dozvoljenu pogrešku  $\pm 3$  m u položaju na otvorenom zemljištu, i  $\pm 6$  m na zaraštenom zemljištu. Tada će nam trebati orijentacione točke s položajnom točnošću od  $\pm 1$  m odnosno  $\pm 2$  m. Trigonometrička mreža je mnogo prerjetka da na stereopar u mjerilu snimanja  $M_s = 1 : 9000$ , koje se uzima za kartiranje 1 : 5000, otpadne dovoljan broj datih orijentacionih točaka. Prema tome postavi se potrebna mreža orijentacionih točaka, koje se stabiliziraju i signaliziraju za aerosnimanje. Teren se osim u mjerilu 1 : 9000, koje je potrebno za kartiranje, snimi i iz veće visine na pr. 1 : 20.000, koji snimci obuhvaćaju mnogo veću površinu (prema tome je i njihov broj mnogo manji). Na toj mnogo većoj površini jednog stereopara nalazi se u svrhu apsolutne orijentacije dovoljan broj datih točaka, pa iz tako orijentiranog stereopara odredimo za prvu potrebu koordinate orijentacionih točaka sa cca  $\pm 1$  m.

Visinska točnost ne bi zadovoljila pa se visine moraju odrediti tereštrički nivelacijom, odnosno u strmim terenima visinskim tahimetrijskim vlakovima. Visinske orijentacione točke u ostalom ne moraju biti identične s položajnim orijentacionim točkama niti na ravnom terenu moraju biti toliko oštro položajno definirane.



Da bi se postigla navedena točnost potrebno je prije snimanja signalizirati sve orijentacione točke. Tim se postupkom postizava ušteda na troškovima od 40<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, a na osoblju 80<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Taj je problem danas naročito aktuelan. Naše geodetske ustanove bivaju često stavljene pred zadatke koji su po svojoj opsežnosti i zahtjevanom roku tako rekuć nerješivi kraj današnjeg geodetskog kapaciteta. Da bi se posao na vrijeme svršio naše je geodetsko osoblje često prisiljeno da priskoči ekspeditivnijim rješenjima no koja dakako idu na uštrb kvalitete. Tako se često dogodi, kada se za neko područje naknadno traži veća točnost, da dotični snimak ne odgovara, što obzirom na godišnje doba i hitnost znade biti jako neugodno.

Kod spomenutog načina pomoću aerotriangulacije odnosno dodatnim snimanjem iz veće visine možemo vrlo brzo doći do suvremene i pouzdane oređodžbe terena naravski u granicama točnosti koje odgovaraju prvotnoj hitnoj potrebi. Treba li naknadno za stanovita područja dati točniju predodžbu, moći ćemo koristiti iste postojeće snimke, samo će trebati odgovarajuće orijentacione točke točnije odrediti. Na taj ćemo način moći zadovoljiti čestom inače nestručnom zahtjevu investitora da od izmjere za koju je bilo traženo sitnije mjerilo i manja točnost naknadno traži krupniju i točniju predodžbu.

Za orijentacione točke dajemo slijedeću tabelu (vrijedi za približno okomite snimke).

Mjerilo snimanja	Orijentacione točke					Iskorišćenje	
	maksimalna udaljenost	broj na 1 km <sup>2</sup>	min. promjer signala	potrebna točnost točaka		fotoplan	karta
				pol.	vis.		
1: 4000	0,4 km	7	0,4 m	± 0,15	± 0,15	1: 2000 1: 2500	1: 1000 1: 2000 1: 2500
1: 7500	0,8 km	2	0,8 m	± 0,3	± 0,15	1: 5000	1: 5000
1: 10000	1,0 km	1	1,0 m	± 0,4	± 0,2	1: 5000	1: 5000 1: 10000
1: 15000	1,5 km	1/2 km <sup>2</sup>	1,5 m	± 0,8	± 0,4	1: 10000	1: 10000 1: 20000
1: 20000	2,0 km	1/4 km <sup>2</sup>	2,0 m	± 1,2	± 0,5	1: 25000	1: 25000
1: 30000	3,0 km	1/10 km <sup>2</sup>	3,0 m	± 4,0	± 1,0	1: 25000	1: 50000

To vrijedi za slučaj da se ne traži naročita točnost za detaljne točke. Prema tome se niti koordinate ne očitavaju na brojlilima stereoinstrumenta, već se zadovoljavamo samim kartiranjem. U protivnom slučaju, što dolazi lakako u obzir samo za krupna mjerila, dozvoljene se pogreške orijentacionih točaka reduciraju na trećinu, a važne se detaljne točke prije snimanja signaliziraju.

### Točnost i mjerilo

Kod krupnijih mjerila uzima se zbog ekonomije mjerilo snimanja sitnije od mjerila plana (sa sitnijim mjerilom obuhvaća se veća snimljena površina), a kod sitnijih mjerila uzima se krupnije od mjerila karte, da bi se još razaznale pojedinosti. Granica se nalazi kod mjerila cca 1 : 15.000.

Za zavisnost točnosti o mjerilu snimanja donosimo tabelu:

Ti se rezultati odnose na izradu pomoću prvorazrednog instrumenta, na žarišnu daljinu kamere  $f = 21$  cm, odnos baze prema visini 1 : 3, te inače srednje okolnosti.

Srednje pogreške visina i položaja dobro vidljivih terenskih točaka i srednje visinske pogreške slojnice.

Mjerilo karte $M_k$	Mjerilo slike $M_s$	Visina lijeta $H$	Pojedine točke		Visinska pogreška slojnice $m_i$
			Pogrešna visina $m_b$	Pogreška položaja $m_l$	
1 : 1000	1 : 3500	730 m	$\pm 0,25$ m	$\pm 0,3$ m	$\pm (0,30 + 0,4 \operatorname{tg} \alpha)$ m
1 : 2500	1 : 4000	850 m	$\pm 0,25$ m	$\pm 0,8$ m	$\pm (0,35 + 1,0 \operatorname{tg} \alpha)$ m
1 : 5000	1 : 8000	1650 m	$\pm 0,40$ m	$\pm 1,6$ m	$\pm (0,45 + 2,1 \operatorname{tg} \alpha)$ m
1 : 10000	1 : 12000	2500 m	$\pm 0,70$ m	$\pm 2,3$ m	$\pm (0,90 + 3,0 \operatorname{tg} \alpha)$ m
1 : 25000	1 : 20000	4200 m	$\pm 1,20$ m	$\pm 5,0$ m	$\pm (1,50 + 6,3 \operatorname{tg} \alpha)$ m

### Brzina i troškovi

Za brzinu i troškove dajem samo približne podatke orijentacije radi, dok točnije podatke nisam u stanju dati. (Detaljnije o tome vidi Geodetski list 1948-II-9-12.)

Jedna smjena od 8 sati svladala bi na redreseru u obliku fotoplana 1 : 5000 godišnje površinu od cca 5000 km<sup>2</sup>, dok bi cijena iznosila cca 2000 Din) po 1 km<sup>2</sup> ne računajući troškove predradnji, reprodukcije, administracije i prostorija.

Za stereoizmjeru na autografu u mjerilu 1 : 5000 bio bi za jednu smjenu godišnji efekt površina od cca 200—250 km<sup>2</sup>, a troškovi bi iznosili cca 6500 Din) po 1 km<sup>2</sup> čemu treba dodati gore navedene troškove.

Za mjerilo 1 : 10.000 ti podaci za stereoizmjeru iznose: godišnji efekt od cca 500—580 km<sup>2</sup> po 1 smjeni i cca 5300 Din na 1 km<sup>2</sup> čemu treba dodati navedene troškove.

Uvođenje fotogrametrije zahtjeva veliku početnu investiciju kapitala, te je to bila zapreka da se fotogrametrija i kod nas uvede. Na taj se način nije nipošto navedena investicija izbjegla, već samo odložila. To je odlaganje jako štetno djelovalo na geodetski kapacitet na koji se upravo danas stavljaju veliki zahtjevi.

Osim toga ne smije se smetnuti s uma da fotogrametrija zahtjeva izo-raženo osoblje kako za snimanje i fotografsku izradu, tako i za restituciju (izmjeru snimaka), te i u tom pogledu treba pripremiti teren.