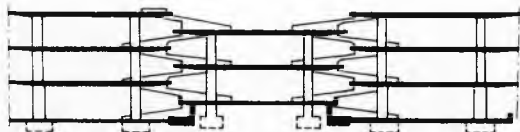


rampe imaju zbog toga minimalni unutrašnji poluprečnik od 5,50, a spoljni od 9,45m. Kolovoz dvosmerne rampe proširuje se sa spoljne strane tako da spoljni krug ima poluprečnik od 12,80m. Između dve trake postavlja se prag širok oko 0,45 i visok 0,10m. Prema tome, unutrašnja traka široka je najmanje 3,95m, a spoljna 3,00m. Duž spoljne i unutrašnje ivice rampe nalaze se bankine široke 0,30-0,40m i visoke 0,10m.

Najveći je podužni nagib krivolinijske rampe 9%, a poprečni 2%. Poprečni nagib postepeno se povećava od početka rampe, a pre ulaza na sprat potpuno se smanjuje.

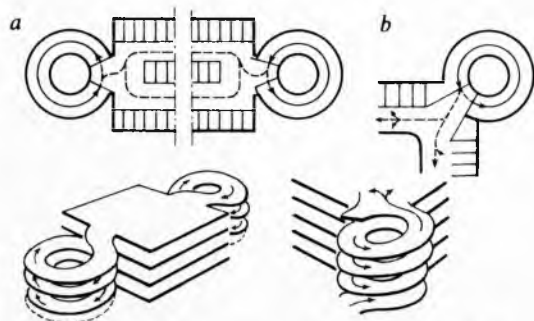
Zavojne se rampe grade u zgradi (sl. 9) ili spolja kao dodatni deo. Kad su rampe u zgradi, one su smeštene u poluspratovima (sl. 10). Zgrada je podeljena na dva ili više traktova, pa su između dva susedna trakta spratovi smaknuti za polovicu visine.



Sl. 10. Garaža sa smaknutim spratovima

Kad su rampe u dodatnim delovima zgrade (kule sa rampama) za svaki smer vožnje posebno, mogu da budu u sredini objekta, na naspramnim stranama (sl. 11a) ili u naspramnim uglovima (sl. 11b). Odvojene zavojne rampe posebno su pogodne kad se na spratovima predviđa jednosmerno kretanje na manevarskim trakama.

Kad su rampe sa spoljne strane zgrade, a postoji mogućnost smrzavanja, kolovozi se za hladnih dana greju (toplom vodom ili električnom strujom).



Sl. 11. Odvojene zavojne rampe za dovoz i odvoz vozila

Gradnja rampa u garažama sa više od sedam spratova retko dolazi u obzir, jer zahteva više prostora i veće troškove. Tada je upotreba liftova neizbežna.

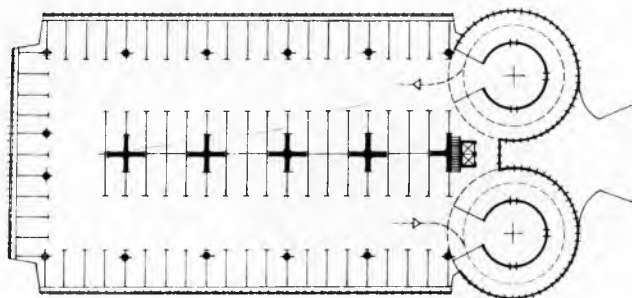
U Jugoslaviji je izgrađena kolektivna garaža u Ljubljani. Ima dve zavojne rampe, po jedna za svaki smer vožnje, smeštene sa jedne strane zgrade (sl. 12 i 13).

Podzemne garaže izgrađuju se kad nema dovoljno prostora za gradnju nadzemne. One se izvode ispod gradskog trga, parka i sl. Takve su garaže skuplje od nadzemnih (oko 50% i više).

Interesantna je podzemna garaža u centru Milana (ispod trga Diaz). Sastoji se od centralnog dela sa dva sprata i dva bočna trakta. Donji sprat je na koti -8,55m. Vertikalni i horizontalni prevoz vozila je mehanizovan. Može da primi 500 vozila; brzina izdavanja vozila jest 240 na čas. Za provetravanje služe ventilatori kapaciteta 76000m³/h. Vazduh se obnavlja 6 puta u času. U garaži se održava konstantna temperatura od 13°C.

Garaže za teretna vozila izgrađuju se na istim principima kao garaže za putnička vozila. Razlikuju se jedino u dimenzijama. Dimenzije su teretnih vozila: duljina 4,60-9,60m, širina 1,70-2,50m, a visina 1,90-2,50m. Poluprečnik zakretanja iznosi 6-10m.

Stajanke se postavljaju upravno na osu manevarske trake. Stajanka ima površinu 12 x 4m, manevarska je traka široka 12m. Uzevši u obzir potrebnu površinu manevarske trake za svaku



Sl. 12. Osnova sprata garaže »Slovenija avto« u Ljubljani



Sl. 13. Izgled garaže »Slovenija avto« u Ljubljani (J. Usenik)

stajanku potrebna je površina od 96m². Za sklanjanje teretnih vozila potrebna je 3-4 puta veća površina. Za teretno vozilo sa prikolicom potrebna je stajanka duljine 16-25m i širine 5m, a manevarska traka širine 15-20m.

Takve su garaže prizemne sa ulazom na jednoj i sa izlazom na drugoj strani. Ponekad su to boksovi zaštićeni samo krovom. Pronalaženje mesta za takve garaže znatno je lakše, jer se one najčešće smeštaju u industrijskoj zoni, a najvažnije je da se prazne vožnje vozila svedu na minimum.

LIT.: E. R. Ricker, The traffic design of parking garages, Connecticut 1948. — Highway Research Board, Bulletin n° 19 »Parkings«, Washington 1949. — O. Still, Die Parkraumnot, Bielefeld 1951. — Layout and design of parking lots: Aesthetic considerations, ENO foundation for highway traffic control, 1952. — Th. Matson, W. Smith, Fr. Hurd, Traffic Engineering, New York 1955. — R. Vahlefeld, F. Jacques, Garagen und Tankstellenbau, München 1956. — Kennedy, Fundamentals of traffic engineering, Berkeley 1960. — P. H. Bendsten, Les véhicules à l'arrêt, Fédération Routière Internationale, Paris 1964. — Smith and associates, Parking in the city center, Detroit 1965. — Traffic engineering handbook, Washington 1965. — J. V. Korte, Osnovi projektovanja gradskog i međugradskog putnog saobraćaja, Građevinska knjiga, Beograd 1968. — E. Neufert, Arhitektonsko projektovanje, Građevinska knjiga, Beograd 1968.

M. Cročanin

GEODETSKA IZMJERA ZEMLJIŠTA je snimanje, obrada i sistematiziranje mjernih i opisnih podataka određenog sadržaja o zemljištu i objektima na njemu radi izradbe planova i karata. Planovi i karte služe za potrebe prostornog uređenja i korištenja zemljištem, za vođenje evidencije o zemljištu u katastru i zemljišnoj knjizi, za osnivanje i vođenje drugih evidencija o prostoru, za projektiranje hidrotehničkih objekata, prometnica i drugih komunalnih objekata, za geološke, geofizičke i druge znanstveno-istraživačke radove, te za druge agrarne i tehničke potrebe.

Namjena izmjere zemljišta i korištenje njenim podacima u različite svrhe zahtijeva posebne postupke prilikom izradbe planova i karata, te se geodetska izmjera zemljišta regulira zakonskim propisima i pravilnicima radi očuvanja jedinstvenosti i kontinuiteta podataka izmjere.

Geodetska izmjera zemljišta obuhvaća: postavljanje i određivanje mreža stalnih geodetskih točaka, detaljno snimanje

terena (zemljišta i objekata na njemu) i izradbu planova i karata.

Mreže stalnih geodetskih točaka. Svako detaljno snimanje terena veže se na geodetsku osnovu, koju čine osnovne i dopunske mreže stalnih geodetskih točaka.

Osnovne mreže stalnih geodetskih točaka postavljaju se i određuju s namjenom da za potrebe detaljnog snimanja terena postoji dovoljan broj točaka označenih stabilnim i trajnim oznakama, poznatih po položaju (koordinate y i x) i visini (nadmorska visina h) s kojih se neposredno obavlja detaljno snimanje terena ili na koje se vežu dopunske mreže stalnih geodetskih točaka, koje je potrebno razviti za detaljno snimanje terena.

Na planovima i kartama prikazuje se horizontalna i visinska predodžba terena (situacija i reljef), te se tako i mreže stalnih geodetskih točaka dijele na mreže koje se koriste za horizontalnu i mreže koje se koriste za visinsku predodžbu terena.

Osnovne mreže stalnih geodetskih točaka za horizontalnu predodžbu terena jesu: astronomsko-geodetska i trigonometrijska mreža I reda, trigonometrijska mreža II, III i IV reda, te mreže vlakova precizne poligonometrije, koje su određene istom točnošću kao i pojedini redovi trigonometrijskih mreža.

Dopunske mreže stalnih geodetskih točaka za horizontalnu predodžbu terena jesu: mreža orijentacijskih i mreža poligon-skih točaka.

Osnovne mreže stalnih geodetskih točaka za visinsku predodžbu terena jesu: mreža nivelmana visoke točnosti, preciznog nivelmana, tehničkog nivelmana povećane točnosti, tehničkog i gradskog nivelmana.

Za visinsku predodžbu terena služe također podaci mreže trigonometrijskog nivelmana.

Detaljno snimanje terena (zemljišta i objekata na njemu) jest prikupljanje mjernih podataka o horizontalnoj i visinskoj predodžbi, nazivima i karakteristikama terena. Ti se podaci kasnije obrađuju numerički i grafički, iz čega nastaju geodetski planovi i karte.

Vrste planova i karata. Pri predočavanju terena na planovima i kartama razlikujemo horizontalnu i visinsku predodžbu terena i opis lista plana ili karte. *Planom se općenito smatra geodetska podloga na kojoj su prikazani svi elementi posjedovnog stanja, a kartom predodžba terena bez pojedinih elemenata posjedovnog stanja.* Pri detaljnom snimanju terena za izradbu plana treba prikupiti i snimiti sve podatke o objektima i granicama posjeda, te o imenima i adresama posjednika, dok pri detaljnom snimanju terena za izradbu karte snimaju se svi objekti i vidljive međe bez identifikacije posjeda i posjednika.

Topografsko-katastarski plan u mjerilu 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:2500 i 1:5000 sadrži horizontalnu predodžbu terena, objekte i numerirane čestice zemljišta prema kulturama i posjedovnom stanju, te visinsku predodžbu terena prikazanu nadmorskim visinama detaljnih točaka terena i slojnicama s visinskim razlikama od 0,5, 1, 2, 5 ili 10 metara. Plan se umnožava u dvije boje.

Katastarski plan u mjerilu 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:2500, 1:5000 i u starim hvatnim mjerilima 1:2880 i 1:2904 sadrži horizontalnu predodžbu terena, objekte i numerirane čestice prema kulturama i posjedovnom stanju. Ne sadrži visinsku predodžbu terena. Umnožava se u jednoj boji.

Karta u mjerilu 1:500, 1:1000, 1:2000 i 1:2500 sadrži horizontalnu predodžbu terena, kulture na zemljištu bez prikaza posjedovnog stanja i visinsku predodžbu terena prikazanu nadmorskim visinama detaljnih točaka terena i slojnicama s ekvidistancijom 0,5, 1, 2, 5 i 10 metara. Karta se umnožava u dvije boje.

Osnovna državna karta (privredna karta) u mjerilu 1:5000 i 1:10000 sadrži horizontalnu i visinsku predodžbu terena prikazanu nadmorskim visinama detaljnih točaka i slojnicama s ekvidistancijom od 0,5, 1, 5 ili 10 metara. Umnožava se obično u dvije a po potrebi u više boja.

Topografska karta u mjerilu 1:20000 i 1:25000 sadrži horizontalnu i visinsku predodžbu terena prikazanu nadmorskim

visinama markantnih točaka terena i slojnicama s ekvidistancijom od 5 ili 10 metara. Karta se umnožava u više boja.

Osim navedenih planova i karata postoji još niz topografskih i drugih karata u malom mjerilu, koje se ne dobivaju direktno iz podataka detaljnog snimanja terena, nego su proizvod kartografske obrade planova i karata u većem mjerilu. Prema temi i sadržaju odabiru se mjerilo i broj boja za umnožavanje karte.

Prikupljanje mjernih podataka. Mjerni podaci o horizontalnoj predodžbi terena dobivaju se: aerofotogrametrijskom metodom izmjere zemljišta, ortogonalnom metodom detaljnog snimanja terena i polarnom metodom detaljnog snimanja terena.

Mjerni podaci o visinskoj predodžbi terena dobivaju se: određivanjem nadmorskih visina detaljnih točaka terena i kartiranjem slojnica pri aerofotogrametrijskoj metodi geodetske izmjere zemljišta, te detaljnim nivelmanom i određivanjem visinskih razlika polarnom metodom detaljnog snimanja terena.

Mjerilo plana ili karte i izbor metode detaljnog snimanja terena ovisi o gustoći detalja i točnosti kojom se žele prikazati detalji na planu ili karti.

Najgušći detalj u gradovima prikazuje se u mjerilu 1:500, gradovi u mjerilu 1:1000, manja naselja u mjerilu 1:2000, dok poljoprivredno zemljište, već prema namjeni i gustoći čestica, u mjerilu 1:2000, 1:2500 ili 1:5000.

Osnovna državna karta (privredna karta) izrađuje se u mjerilu 1:5000 i u mjerilu 1:10000 za planinske predjele. Za izradbu osnovne državne karte i za izmjeru većih područja primjenjuje se aerofotogrametrijska metoda kao najbrža i najekonomičnija.

Za detaljno snimanje manjih područja radi izradbe planova i karata služe: ortogonalna metoda za mjerila 1:500, 1:1000, 1:2000 i 1:2500; metoda precizne tahimetrije (polarna metoda detaljnog snimanja terena) za mjerila 1:500, 1:1000, 1:2000 i 1:2500 i tahimetrija (polarna metoda detaljnog snimanja terena) za mjerila 1:1000, 1:2000 i 1:2500.

Izbor metode mjerenja za visinsku predodžbu terena ovisi o potrebnoj točnosti.

Aerofotogrametrijska metoda upotrebljava se za svaki teren i za sva mjerila, a točnost je ovisna o mjerilu snimanja i instrumentu na kojem se obavlja kartiranje. *Detaljni nivelman* primjenjuje se na ravnom terenu, kada se zahtijeva velika točnost visinske predodžbe terena.

Trigonometrijsko određivanje visinskih razlika (polarna metoda detaljnog snimanja terena) i čitanje visinskih razlika pomoću autoredukcijskih instrumenata upotrebljava se na svim terenima i za sva mjerila, a točnost je ovisna o instrumentu i priboru, kojima se provodi detaljno snimanje terena.

Sadržaj planova i karata. Horizontalna i visinska predodžba terena prikazuju se na planovima i kartama kartografskim znakovima i unutrašnjim opisom lista. Zbirka kartografskih znakova (kartografski ili topografski ključ) sadrži, posebno za svako mjerilo, sve kartografske znakove potrebne za prikaz horizontalne i visinske predodžbe terena na planu ili na karti, vrstu slova za unutrašnji opis lista plana ili karte, te popis kratica, koje se primjenjuju na planovima i kartama.

Nastoje se prikazati sav sadržaj plana ili karte u mjerilu, no stalne geodetske točke, međni znakovi, objekti kod vodova i drugo ne mogu se prikazati u mjerilu, te tada znakovi imaju propisanu dimenziju, kojom se prikazuju.

Zbirka kartografskih znakova sadrži sljedeće grupe oznaka: stalne geodetske točke i linije mjerenja, tlo i zemljišni oblici, vode i objekti uz njih, kulture na zemljištu, granične oznake i linije, zgrade, prometnice i objekti uz njih, kulturno-povijesni i vjerski objekti i znakovi, industrija, rudarstvo i sl. i vodovi i objekti što pripadaju tim vodovima.

Visinska predodžba terena prikazuje se nadmorskim visinama detaljnih točaka na terenu (na zemljištu i objektima), slojnicama (izohipsama), relativnim visinskim razlikama, kartografskim znakovima za tlo i zemljišne oblike, i osjenčanim plohama, kojima se postiže vizuelni učinak reljefa. Gustoća detaljnih točaka, potrebnih za visinsku predodžbu terena, različit je i ovisna o mjerilu plana ili karte, i o kategoriji terena. Uz svaku nadmorsku visinu detaljnih točaka treba staviti odre-

deni kartografski znak, koji označuje mjesto na koje se odnosi visina.

Slojnice ili *izohipse* su krivulje koje spajaju na planu ili karti mjesta iste visine, odnosno krivulje koje nastaju presjekom terena s horizontom neke visine. Određuju se direktno kartiranjem pri aerofotogrametrijskoj metodi, a pri ostalim metodama dobiju se interpolacijom između detaljnih točaka. Slojnice se interpoliraju uvijek po linijama najvećeg pada. Interpolira se numerički ili grafički između dviju detaljnih točaka čije su nadmorske visine poznate. Ekvidistancija slojnica je razmak između *osnovnih slojnica* i ovisna je o padu terena i mjerilu plana ili karte. Svaka peta osnovna slojnica uvijek se crta deblje i naziva se *glavna slojnica*.

Kartografski znakovi za usjek, nasip, greben, strmu stijenu, liticu, klizište, udoljicu, vrtaču, prag, ponor, podzid, kameni nabačaj i drugo daju vizuelni učinak visinske predodžbe terena.

Prikupljanje opisnih podataka. Opis lista plana ili karte sastoji se od unutrašnjeg i vanjskog opisa lista.

Vanjski opis lista sadrži opću i posebnu oznaku lista, koordinate rubova lista i podatke: o mjerilu lista, o ekvidistanciji slojnica, o preklapima sa susjednim listovima i o izdavaču lista plana ili karte. *Unutrašnji opis lista* sadrži nazive: susjednih država, republika i pokrajina, gradova, dijelova gradova, naseljenih mjesta i dijelova naseljenih mjesta, predgrađa i zase-laka, salaša i drugih većih gospodarskih zgrada izvan naseljenih mjesta, ruševina starih naselja, krajeva, rudina, blata, šuma, otoka i rtova, planina, brda, vrhunaca i sedla, vodovoda, izvora, prirodnih vodotoka, kanala, jezera, bara, ribnjaka, mora, vodopada, tjesnaca, vrata, zaljeva, uvala i luka, ulica, cesta, trgova, parkova, prolaza i stepenica, tvornica, industrijskih pogona, poljoprivrednih dobara, ekonomija, rudnika i solana, crkvi, samostana, dvoraca i spomenika. Prometnice izvan naseljenih mjesta (s njihovom oznakom kilometara), brojevi stalnih geodetskih točaka i podaci o posjednicima (na skici prezime, ime i adresa posjednika, a na planu katastarski broj čestice) također spadaju u unutrašnji opis lista.

Opisni podaci prikupljaju se pri aerofotogrametrijskoj metodi izmjere zemljišta prilikom dešifriranja, a pri ortogonalnoj i polarnoj metodi detaljnog snimanja terena prilikom snimanja.

Zapisnik i skica detaljnog snimanja terena. Prilikom detaljnog snimanja terena vodi se zapisnik i skica snimanja. Pri aerofotogrametrijskoj metodi izmjere podaci dešifriranja upisuju se u fotoksciju ili na kopiju plana ili karte. U zapisnik detaljnog snimanja upisuju se: datum, podaci o vremenu, o točki na kojoj se obavlja mjerenje, o točkama na koje se mjeri te svi mjerni podaci kao što su horizontalni i vertikalni kut, visina instrumenta, visina na koju se vizira, i drugi rezultati mjerenja.

Na skici detaljnog snimanja terena prikazuju se prostoručno kartografskim znakovima svi detalji koje treba predočiti na planu ili karti. U zapisniku i na skici označi se svaka detaljna točka brojevima od 1 do 999. Na skici se upisuju i sva kontrolna mjerenja, kojima se provjerava mjerenje i kartiranje svake detaljne točke.

Kad se snima veći kompleks zemljišta, skice se formiraju tako da se površina jednog lista, već prema gustoći detalja i mjerila plana ili karte, pokrije sa jednom, dvije, četiri ili više skica. Pri snimanju manjih površina skice se formiraju prema potrebi, bez obzira na listove plana ili karte.

Pri aerofotogrametrijskoj metodi izmjere dešifriranje se prije kartiranja obavlja na fotokscicama, koje se formiraju tako da se iz snimke jednog stereomodela izrade dvije ili više fotokscika. Dešifriranje nakon kartiranja obavlja se na kopiji kartiranog stanja.

AEROFOTOGRAMETRIJSKA METODA GEODETSKE IZMJERE ZEMLJIŠTA

Za izradbu planova i karata danas najčešće služi aerofotogrametrijska metoda geodetske izmjere zemljišta, osobito za veća područja. Prednost te metode jest u znatnom smanjenju rada na terenu, skraćenju vremena izradbe planova ili karata i smanjenju troškova. Aerofotogrametrijska metoda izmjere zem-

ljišta sastoji se iz slijedećih faza rada: izradbe plana leta, fotosignalizacije, snimanja iz zraka, određivanja orijentacijskih točaka, kartiranja (restitucije), dešifriranja, prikupljanja podataka za unutrašnji opis lista plana ili karte i izradbe izdavačkih originala (za umnožavanje).

Izradba plana leta. Mjerilo snimanja određuje se na osnovi mjerila kartiranja i zahtjevane točnosti plana ili karte. Za kartiranje u mjerilu 1:1000 služe obično snimci u mjerilu 1:4000, za mjerilo 1:2000 snimci do 1:8000, za mjerilo 1:5000 snimci do 1:12000 i za karte u mjerilu 1:5000 i 1:10000 snimci u mjerilu do 1:15000, odnosno do 1:20000.

Kad se utvrdi mjerilo snimanja, odrede se preklopi snimaka. Svaki snimak mora imati 60...80% uzdužnog preklopa sa susjednim snimcima u istom redu za dobivanje pojedinih stereomodela, te 10...30% poprečnog preklopa sa snimcima susjednih redova. Veličina poprečnog preklopa ovisna je o relativnim visinskim razlikama terena i o mogućnosti održavanja projekiranog pravca i visine leta aviona. Redovi snimanja projektiraju se na karti u mjerilu 1:100000 ili 1:50000. Uz uctrtani pravac leta aviona upiše se broj reda snimanja i apsolutna visina leta aviona.

Apsolutna visina leta aviona jednaka je $h_a = h_r + h_s$, a $h_s = f \cdot m_s$, gdje je h_a apsolutna visina leta aviona, h_r srednja nadmorska visina terena u osi reda snimanja, h_s relativna visina leta prilikom snimanja, f fokusna udaljenost (u metrima) kamere kojom se snima i m_s nazivnik mjerila snimanja (recipročna vrijednost mjerila snimanja).

Relativna visina leta aviona za snimanje širokokutnom kamerom Wild RC-10 uz $f = 0,152\text{m}$ iznosi: za mjerilo snimanja 1:4000... $h_s = 608\text{m}$, za 1:8000... $h_s = 1216\text{m}$, za 1:12000... $h_s = 1824\text{m}$, za 1:15000... $h_s = 2280\text{m}$, za 1:20000... $h_s = 3040\text{m}$.

Fotosignalizacija se obavlja radi lakšeg uočavanja stalnih geodetskih i važnijih detaljnih točaka na snimkama. Fotosignali se postavljaju neposredno prije snimanja iz zraka. Oni su obično bijele boje, jer je ta boja obično najuočljivija na snimcima. Fotosignali su različite veličine i oblika, već prema mjerilu snimanja i važnosti točke koja se fotosignalizira.

Stalne se geodetske točke osnovnih mreža i orijentacijske točke fotosignaliziraju križevima duljine kraka $d = \frac{m_s}{15000}$ i ši-

rine $\delta = \frac{m_s}{45000}$ (gdje je m_s nazivnik mjerila snimanja) i krugovima promjera $d = \frac{m_s}{20000}$ ili kvadratima stranice $a = \frac{m_s}{20000}$.

Detaljne se točke fotosignaliziraju krugovima promjera $d = \frac{m_s}{40000}$ ili kvadratima stranice $a = \frac{m_s}{40000}$.

Fotosignali se postavljaju na ravnim mjestima koja su otvorena prema osi reda snimanja, a dobiju se krećenjem modela križa, kruga ili kvadrata složenih iz kamena ili se slažu modeli iz bijelih plastičnih materijala, bijelo obojenih dasaka i drugih sličnih materijala.

Fotosignalizirati treba stalne geodetske točke osnovnih mreža, orijentacijske točke koje se određuju na terenu, po potrebi određen broj orijentacijskih točaka koje će se odrediti aerotriangulacijom, sve detaljne točke za koje se pretpostavlja da se neće uočiti na snimcima i sve detaljne točke koje treba kartirati s najvećom mogućom točnošću (međne točke, točke trase vodova i slično).

Snimanje je jedan od najvažnijih faktora ekonomičnosti aerofotogrametrijske metode. O kvaliteti snimaka ovisi točnost kartiranja, te se snimanje mora izvršiti pod najpovoljnijim vremenskim uvjetima i pri tome upotrijebiti najkvalitetniji materijal za snimanje i izradbu dijapozitiva. Snima se po mirnom i lijepom vremenu, u rano proljeće ili kasnu jesen kada je listopadno drveće bez lišća i u vrijeme kada su sjene najkraće (između 11 i 13 sati). Prilikom snimanja treba izbjegavati oblačno i maglovito vrijeme, te razdoblja s jakim isparavanjem.

Određivanje orijentacijskih točaka. Mreža orijentacijskih točaka je dopunska mreža stalnih geodetskih točaka i čini s osnovnim mrežama stalnih geodetskih točaka homogenu cjelinu, te zajedno služe za apsolutnu orijentaciju stereomodela. Iako za apsolutnu orijentaciju stereomodela mora biti poznata jedna dužina i tri točke određene po visini, u praksi se za kontrolu uzima uvijek više poznatih veličina, te se tako zbog točnosti planova i karata na svakom stereomodelu nastoje odrediti po položaju i visini četiri točke u uglovima stereomodela i jedna točka u sredini stereomodela. Prije snimanja iz zraka treba otkriti i fotosignalizirati točke ranije određenih osnovnih i dopunskih mreža stalnih geodetskih točaka (trigonometrijske točke, točke precizne poligonometrije, ranije određene orijentacijske točke, pojedine poligonske točke, i pojedine repere nivelmanskih mreža) i područje snimanja popuniti novim orijentacijskim točkama.

Stabilizirane, fotosignalizirane i preslikane orijentacijske točke na snimcima određene se neposredno mjerenjem na terenu, ili se određuju na snimcima metodom aerotriangulacije i aeropoligonizacije.

Točke određene neposrednim mjerenjem na terenu stabiliziraju se stalnim i trajnim oznakama, kamenim ili armiranobetonskim stupovima dimenzije 12 × 12 × 60 cm s jednom podzemnom oznakom na dubini približno 80 cm ispod površine zemlje. Vrh stupa nalazi se do 5 cm iznad zemlje, a središte je označeno križem ili željeznom šipkom.

Prilikom stabilizacije izrađuje se opis položaja orijentacijske točke s nazivima republike, općine, katastarske općine i mjesta ili rudine gdje je točka stabilizirana, s brojem točke, skicom položaja točke s odmjeravanjima do bliskih stalnih i trajnih objekata, s opisom stabilizacije točke, te podacima o danu postavljanja točke i osobi koja ju je postavila. Kad se završi računanje koordinata i visina orijentacijske točke, u opis položaja upisuju se koordinate i nadmorska visina točke. Položaj orijentacijske točke u prostoru određen je nadmorskom visinom h i pravokutnim koordinatama y i x , koje se određuju presijecanjem pravaca, polarno, presjekom lukova, preciznom poligonometrijom, aerotriangulacijom i aeropoligonizacijom.

Određivanje orijentacijskih točaka presijecanjem pravaca. Postupak određivanja orijentacijskih točaka presijecanjem pravaca identičan je postupku određivanja trigonometrijskih točaka presijecanjem. Prilikom određivanja orijentacijskih točaka presijecanjem treba zadovoljiti ove uvjete: točka se određuje iz najbližih trigonometrijskih točaka, točaka precizne poligonometrije i određenih orijentacijskih točaka; pravci iz kojih se određuje orijentacijska točka moraju biti jednoliko raspoređeni po horizontu; omjer duljina pravaca iz kojih se određuje orijentacijska točka može biti najviše 1:3.

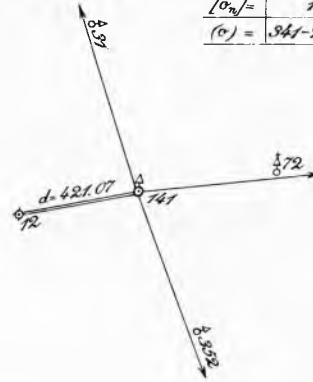
Kutovi se mjere teodolitom s podatkom limba od 6" ili manjim, a mjere se u dva girusa. Razlika mjerenja početnog i kontrolnog pravca u jednom polugirusu ne smije biti veća od 18", razlika između minimalne i maksimalne dvostruke kolimacijske pogreške u jednom girusu ne smije biti veća od 40", razlika sredina za pojedine pravce mjerene u dva girusa ne smije biti veća od 20", te razlika između mjenjenog i izjednačenog pravca ne smije biti veća od 30".

Određivanje orijentacijskih točaka polarno primjenjuje se u blizini trigonometrijske točke, točke precizne poligonometrije ili određene orijentacijske točke. Na točki od koje se nova orijentacijska točka određuje polarno, mjeri se horizontalni kut u dva girusa na tri već određene točke i na točku koja se određuje. Mjerenja moraju zadovoljiti uvjete za mjerenje orijentacijskih točaka, koje se određuju presijecanjem. Nadalje je potrebno izmjeriti duljinu od već određene točke do točke koja se određuje. Kratke duljine do 100 metara mogu se mjeriti kompariranjem čeličnom vrpcom, dok se veće duljine mjere elektromagnetskim daljinomjerom ili određuju mjerenjem paralaktičkih kutova na bazisnu letvu konstantne duljine.

Iz mjerenih podataka najprije se računa srednja orijentacija stajališta $o = \frac{[o_n]}{m}$, gdje je $o_n = v_n - \alpha_n$, o srednja orijentacija

stajališta, o_n orijentacija pravca na točku N , α_n mjereni pravac na točku N , v_n smjerni kut na točku N i m broj orijentacija iz kojih se određuje aritmetička sredina (primjer 1).

Točka	Smjerni kut v_n	Mjereni pravac α_n	Orijentacija $o_n = v_n - \alpha_n$
Stajalište: 8141			
$y = 5554.973,26$ $x = 5045.212,24$			
837	341-26-20	0-00-00	341-26-20
872	83-22-56	101-56-20	341-26-36
852	156-18-18	174-51-44	341-26-34
872	258-34-27	277-07-57	
			$[o_n] = 19-30$
			$(o) = 341-26-30$



Primjer 1. Računanje orijentacije

Koordinate se određuju prema $y_p = y_a + d \cdot \sin v_p$ i $x_p = x_a + d \cdot \cos v_p$, gdje su y_p i x_p koordinate točke koja se određuje polarno, y_a i x_a koordinate zadane točke i d mjerena stranica od zadane do nove točke (primjer 2).

Zadano:

$v = 258^\circ 34' 27''$
 $d = 421,07 \text{ m}$

Točka	y	x
8141	5 554 973,26	5 045 212,24
$\Delta y, \Delta x$	-412,73	-83,41
872	5 553 960,53	5 045 128,83

Primjer 2. Računanje pravokutnih koordinata iz zadanih polarnih koordinata

Određivanje orijentacijskih točaka presjekom lukova. Orijentacijske točke mogu se odrediti presjekom lukova najmanje triju polumjera d koji se sijeku pod kutom od $45^\circ \dots 135^\circ$ i mjereni su od trigonometrijskih točaka, točaka precizne poligonometrije ili već određenih orijentacijskih točaka. Duljine se mjere elektromagnetskim daljinomjerom ili određuju mjerenjem paralaktičkih kutova na bazisnu letvu konstantne duljine.

Računanje lučnog presjeka odvija se ovim redoslijedom:

$$a + b = \sqrt{(y_b - y_a)^2 + (x_b - x_a)^2}, \quad (1)$$

$$a - b = \frac{(d_a + d_b)(d_a - d_b)}{a + b}, \quad (2)$$

$$h = \pm \sqrt{d_a^2 - a^2} = \pm \sqrt{d_b^2 - b^2}, \quad (3)$$

$$p = \frac{y_b - y_a}{a + b}, \quad q = \frac{x_b - x_a}{a + b}, \quad (4)$$

$$y_n = y_a + ap - hq, \quad x_n = x_a + aq + hp, \quad (5)$$

gdje su y_n i x_n koordinate točke koja se računa, y_a , x_a , y_b i x_b koordinate zadanih točaka i d_a i d_b mjerene duljine (polumjeri) (sl. 1).

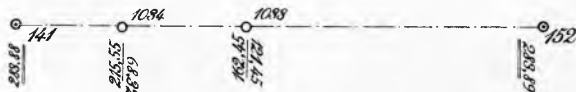
Veličina h dobiva predznak +, ako je točka N lijevo od pravca AB , ili predznak -, ako je točka N desno od pravca AB .

Pri razvijanju linijske mreže i postavljanju linija mjerenja treba se pridržavati ovih pravila: duljine ordinata ne smiju preći dozvoljenu granicu; linijske točke treba postavljati tako da služe za postavljanje više linija mjerenja; linije mjerenja treba postavljati tako da se sa što manje linija mjerenja snimi što više detaljnih točaka; u širokim i frekventnim ulicama treba linije mjerenja postavljati sa svake strane ulice.

Linijske točke stabiliziraju se prije snimanja detalja: stupovima od prirodnog kamena ili armiranobetonskim stupovima veličine 10 × 10 × 60cm; željeznim klinovima promjera 10...15mm i duljine 15...20cm; željeznim cijevima duljine 15...25cm; križem uklesanim u kamen ili betonsku podlogu; drvenim koljem veličine 5 × 5 × 25...40cm sa čavlom koji označuje središte točke; keramičkim cijevima, koje se ukapaju na dubinu od 20cm ispod površine terena. Pravac na kojem se stabilizira linijska točka određuje se teodolitom; duljina se mjeri kompariranom čeličnom vrpcom i uvijek po terenu. Ako se duljina mjeri po kosom terenu jednolikog pada, treba osim kose duljine odrediti i visinsku razliku između krajnjih točaka linije mjerenja A, B, a mjerena kosa duljina reducira se na horizont kao $d = \sqrt{l^2 - (\Delta h)^2}$, gdje je d duljina reducirana na horizont, l koso mjerena duljina po terenu i Δh visinska razlika između točaka A i B. Ako na duljini između krajnjih točaka linije mjerenja A i B ima više lomova, svaki lom treba posebno označiti, a cjelokupna duljina je zbroj parcijalnih duljina reduciranih na horizont

$$d = \sqrt{l_1^2 - (\Delta h_1)^2} + \sqrt{l_2^2 - (\Delta h_2)^2} + \sqrt{l_3^2 - (\Delta h_3)^2} + \dots \quad (6)$$

Duljine za određivanje linijskih točaka mjere se dva puta. Prvi put se mjeri istodobno sa snimanjem detalja, a drugi put se duljina mjeri u protivnom smjeru od prvog mjerenja. Rezultati mjerenja upisuju se u skicu ili u zapisnik mjerenja (primjer 4).



Primjer 4. Upisivanje mjerenih duljina u skicu mjerenja

Na točnost mjerenja duljina vrpcom utječe netočnost vrpce, temperatura zraka, odstupanje od pravca mjerenja, prejako ili preslabo zatezanje vrpce. Vrpca mora biti komparirana. Mjerenju duljinu treba ispraviti za promjenu duljine zbog razlike temperature zraka $\Delta d_t = kd(t - t_0)$, gdje je Δd_t popravak duljine zbog utjecaja temperature, k koeficijent rastezanja čelika (0,000125), t temperatura zraka prilikom mjerenja i t_0 temperatura zraka prilikom komparacije vrpce.

Ostali su utjecaji na točnost mjerenja slučajni i mogu se svesti na minimum pažljivim radom.

Razlika mjerenja duljine u dva smjera vrpcom od 50 ili 20 metara treba zadovoljiti dozvoljena maksimalna odstupanja prema pravilniku.

Tablica 1

NAJVEĆA DOZVOLJENA DULJINA ORDINATA PRI ORTOGONALNOM SNIMANJU DETALJA

Detaljna točka	Područje			
	većih gradova	većih naseljenih mjesta	manjih naseljenih mjesta	izvan naseljenih mjesta
	duljina ordinata m			
Na ulici i uličnim pročeljima	10	15	20	—
Ostale međne točke posjeda i detaljne točke za predodžbu objekata	20	25	25	50
Međne točke granice kultura	40	50	50	80
Za visinsku predodžbu terena	60	80	80	100

Teren na kome nema zapreka za mjerenje duljina smatra se terenom I kategorije, teren s manjim zaprekama je II kategorije, a teren s većim zaprekama je III kategorije.

Koordinate linijskih točaka računaju se iz zadanih koordinata točaka na početku i kraju linije mjerenja (A, B) i aritmetičkih sredina duljina mjerenih u dva smjera (primjer 5):

$$\Delta y_n = d_n \frac{\Delta y}{d}, \quad \Delta x_n = d_n \frac{\Delta x}{d}, \quad (7)$$

$$\Delta y = y_b - y_a, \quad \Delta x = x_b - x_a, \quad (8)$$

$$y_n = y_a + \Delta y_n, \quad x_n = x_a + \Delta x_n, \quad (9)$$

gdje je $d = [d_n]$ duljina između krajnjih točaka linije mjerenja A i B, d_n duljina do linijske točke N, a y_a, x_a, y_b i x_b koordinate zadanih točaka A i B te y_n i x_n koordinate linijske točke N koja se određuje.

Točka	Dulžina d_n	y Δy_n	x Δx_n
○ 144		09.996,08	32.486,84
	68,32	+ 65,58	+ 19,15
○ 1094		10.061,66	32.505,99
	53,71	+ 50,97	+ 14,89
○ 1089		10.112,63	32.520,88
	162,44	+ 155,92	+ 45,54
○ 152		10.268,55	32.556,42
	$d = [d_n] = 288,87$	$\Delta y = +272,47$	$\Delta x = +79,58$
	$D = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2} = 289,85$	$\frac{\Delta y}{D} = + 0,95984$	
	$f_d = D - d = -0,02$	$\frac{\Delta x}{D} = + 0,28094$	
	$f_{d, max} = \pm 2(0,007 \sqrt{d}) = \pm 0,24$		

Primjer 5. Računanje linijskih (malih) točaka

Detaljni poligonski vlak služi za detaljno snimanje terena ortogonalnom metodom tamo gdje nije moguće razviti mrežu linijskih točaka zbog izgrađenosti ili zaraštenosti terena. Detaljni vlakovi imaju obično kratke stanice i vežu se na stalne geodetske točke, točke određene presjekom lukova ili na linijske točke. Stabiliziraju se i numeriraju kao linijske točke u katastarskoj općini nastavno na poligonske točke zajedno s linijskim točkama.

Kutovi se mjere u dva girusa, a dužina dva puta. Razlika mjerenja dužina u dva smjera mora zadovoljiti dozvoljena odstupanja za mjerenje čeličnom vrpcom. Najveće dozvoljeno odstupanje pri izjednačenju kutova, s obzirom na kratke stanice, dvostruko je veće od najvećeg dozvoljenog odstupanja pri poligonskim vlakovima. Na početnoj i završnoj točki uzima se jedna ili dvije orijentacije.

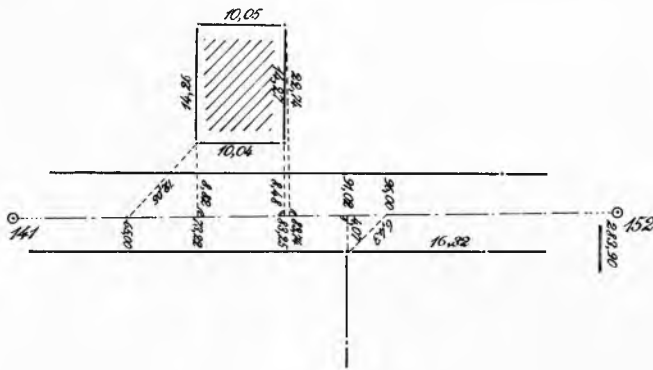
Slijepi poligonski vlak. Prilikom detaljnog snimanja terena ortogonalnom metodom u zatvorenim dvorištima i drugom zatvorenom prostoru, radi povoljnijeg snimanja detalja, postavlja se slijepi poligonski vlak od jedne ili dvije točke. Točke se stabiliziraju na isti način kao i linijske točke. Kutovi se mjere u dva girusa, uzima se jedna orijentacija, duljine se mjere dva puta, a točnost mjerenja duljina mora biti u granicama dozvoljenog odstupanja za mjerenje duljina čeličnom vrpcom. Računanje jedne točke identično je računanju orijentacijske točke polarno, a dvije točke računaju se kao poligonski vlak bez izjednačenja. Točke se numeriraju istodobno kao i linijske točke u katastarskoj općini.

Određivanje točaka presjekom lukova. Postupak određivanja i računanja opisan je pri određivanju orijentacijskih točaka presjekom lukova.

Snimanje detalja ortogonalnom metodom obavlja se ovim redoslijedom: najprije se izradi skica detalja u mjerilu kartiranja ili u većem mjerilu; zajedno sa skiciranjem detalja prikupе se potrebne indikacije (imena i adrese posjednika i podaci potrebni za sustav unutrašnjeg opisa lista plana ili karte); mjerenju se pristupa postavljanjem značaka (trasirki) na kraj-

nje točke linije mjerenja; napne se i učvrsti čelična vrpca za mjerenje apscisa od početne točke mjerenja u smjeru druge točke; na pravcu se odredi okomica od linije mjerenja do točke detalja i pročita se duljina apscise; odmjeri se duljina ordinate od linije mjerenja do detaljne točke koja se snima; uzmu se potrebne kontrolne mjere za svaku detaljnu točku.

Mjereni podaci upisuju se u skicu ili u zapisnik mjerenja. Ako se vodi zapisnik mjerenja, detaljne točke treba istodobno na skici i u zapisnik numerirati brojevima od 1 do 999 (primjer 6).



Primjer 6. Detalj skice mjerenja ortogonalnom metodom snimanja detalja

Okomice su jedan od glavnih elemenata u ortogonalnom snimanju. Najjednostavnija sprava za određivanje okomice je kutno zrcalo, a upotrebljavaju se i dvostruke, trostrane i pentagonalne prizme. S tim se spravama, osim iskolčenja okomica, može prilikom snimanja detalja kontrolirati pravac neposredno s linije mjerenja, tako da se nađe mjesto na kom se slika značke s lijeve strane poklopi sa slikom značke s desne strane, što je znak da se nalazimo točno u pravcu mjerenja. Osim navedenih prizmi i kutnog zrcala ima i posebno konstruiranih instrumenata za iskolčenje okomica u kojima se točnost pravca provjerava dvostrukom pentagonalnom prizmom, a okomica se određuje posebnim dalekozorom.

Za potrebe kartiranja i računanja površina često je potrebno izračunati koordinate detaljnih točaka. Prije računanja sastavi se skica s numeriranim detaljnim točkama (primjer 7).



Primjer 7. Skica za računanje koordinata detaljnih točaka

Nakon toga pristupa se računanju:

$$d = [a_n], \quad D = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2}, \quad (10)$$

$$p = \frac{\Delta y}{d}, \quad q = \frac{\Delta x}{d}, \quad (11)$$

$$\tan v = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{p}{q}. \quad (12)$$

Ako je $p > q$, koordinatne razlike se određuju pomoću formula:

$$\Delta y_n = p(a_n - o_n \cot v), \quad \Delta x_n = p(a_n \cot v + o_n), \quad (13)$$

a ako je $p < q$, koordinatne razlike računaju se iz relacija:

$$\Delta y_n = q(a_n \tan v - o_n), \quad \Delta x_n = q(a_n + o_n \tan v), \quad (14)$$

gdje je d mjerena dužina od početka do krajnje točke linije mjerenja, a_n mjerena dužina apscise točke N , o_n mjerena dužina ordinate i D dužina od početne do krajnje točke linije mjerenja izračunata iz koordinata zadanih točaka.

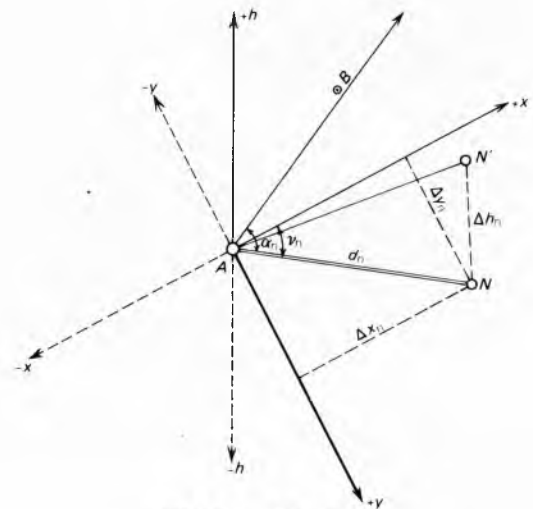
Pri računanju treba paziti na predznak ordinate. Detaljna točka lijevo od smjera mjerenja ima ordinatu s pozitivnim predznakom, a detaljna točka desno od smjera mjerenja ima ordinatu s negativnim predznakom (primjer 8).

Broj točke	apscisa a_n	ordinata o_n	y_n	x_n
	$-o_n \cot v$	$+a_n \cot v$	Δy_n	Δx_n
○ 141	+78,22	+ 8,82	09 996,08	32 486,84
	- 2,58	+21,39	+ 67, 80	+ 28, 99
d.t.1	+10,05	- 0,84	10 069,88	32 515,83
	+ 0,10	+ 2,93	+ 9,72	+ 2,49
d.t.2	+0,49	+14,26	10 079,60	32 518,32
	-4,16	+0,14	- 8,52	+ 13, 82
d.t.3	+7,28	-26,81	10 070,08	32 532,14
	+7,88	+2,18	+ 14,50	- 23,69
d.t.4	+192,88	+4,07	10 084,58	32 508,45
	- 1,19	+56,88	+ 188,97	+ 57,97
○ 152			10 268,55	32 566,42
	$[a_n] = 288,90$	$[o_n] = -0,00$	$\Delta y = +272,47$	$\Delta x = +79,58$
			$D = 289,85$	$\cot v = +0,29277$
			$p = +0,95976$	$q = +0,28081$

Primjer 8. Računanje koordinata detaljnih točaka

POLARNA METODA DETALJNOG SNIMANJA TERENA

Detaljnim snimanjem terena polarnom metodom određuju se relativne polarne koordinate pojedinih detaljnih točaka: α_n kut mjeren od smjera na poznatu točku do smjera na detaljnu točku N , d_n horizontalna udaljenost do detaljne točke N i Δh_n visinska razlika između poznate točke i detaljne točke N (sl. 2).



Sl. 2. Polarne koordinate

Polarna metoda služi najčešće za snimanje manjih naseljenih mjesta, te za snimanje brežuljkastih, brdovitih i planinskih terena i za dopunska snimanja. Danas ta metoda dolazi sve manje do izražaja kao metoda za snimanje većih kompleksa zemljišta i ustupila je mjesto aerofotogrametrijskoj metodi izmjere zemljišta kao bržoj i ekonomičnijoj.

Već prema instrumentu i priboru kojim se mjere kutovi i dužine, razlikuju se slijedeće metode polarnog snimanja detalja: tahimetrija, precizna tahimetrija, detaljni nivelman rasutih točaka i topografska metoda polarnog snimanja detalja (snimanje geodetskim stolom).

Detaljno snimanje terena polarnom metodom obavlja se sa stajališta na stalnim geodetskim točkama (trigonometrijske i poligonske točke). Stajalište treba odabrati tako da zadovolji uvjete: da je s točke potpuno pregledan okolišni teren; da nema mrtvih kutova, te da duljine do detaljne točke ne budu veće od dozvoljene duljine pri polarnom snimanju detalja prema tabl. 2.

Tablica 2
NAJVEĆA DOZVOLJENA DULJINA PRI SNIMANJU DETALJA POLARNOM METODOM, m

Detaljna točka	Područje			
	većih gradova	većih naseljenih mjesta	manjih naseljenih mjesta	izvan naseljenih mjesta
	Precizna tahimetrija		Tahimetrija	
Na ulici i uličnim pročeljima	50	60	80	—
Ostale međne točke posjeda i detaljne točke za predodžbu objekata	80	80	80	120
Međne točke granice kultura	100	120	100	120
Za visinsku predodžbu terena	120	150	120	150

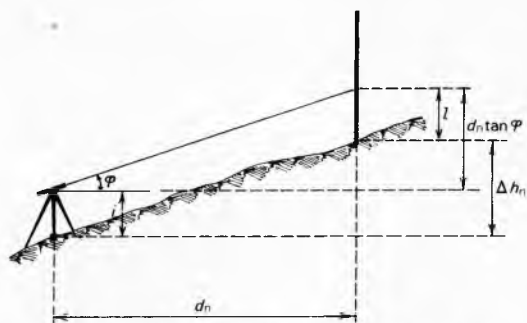
Po potrebi, mreža stalnih geodetskih točaka proglašuje se na isti način kao pri ortogonalnom snimanju detalja. Prilikom detaljne izmjere terena polarnom metodom mjerene veličine upisuju se u zapisnik mjerenja, a istodobno se vodi skica snimanja detalja. Detaljne točke numeriraju se brojevima od 1 do 999 i upisuju se istodobno u zapisnik mjerenja i u skicu.

Nakon snimanja detalja, a prije kartiranja, treba srediti podatke mjerenja, duljine reducirati na horizont i izračunati visinske razlike i nadmorske visine detaljnih točaka.

Često se za kartiranje i računanje površina treba izračunati koordinate svih detaljnih točaka. Takvo računanje koordinata je identično računanju koordinata polarno određenih orijentacijskih točaka.

Tahimetrija se primjenjuje pri detaljnom snimanju terena instrumentom čiji je podatak horizontalnog i vertikalnog limba 1' ili manji, a podatak čitanja duljina je 0,1m.

Snimanje detalja obavlja se ovim redosljedom operacija: na zadanu točku s koje se mjeri postavlja se instrument (tahimetar), te se orijentira na jednu od poznatih točaka; mjeri se horizontalni kut na detaljnu točku; čita se vertikalni kut ili elementi za određivanje visinske razlike; čita se duljina ili elementi za određivanje duljine do detaljne točke; odredi se mjesto viziranja prilikom mjerenja vertikalnog kuta i izmjeri se visina instrumenta na točki s koje se mjeri.



Sl. 3. Trigonometrijsko određivanje visinske razlike

Na taj se način dobiva relativna polarna koordinata α_n . Stranica d_n mjeri se direktno ili se izračuna iz mjerenim podacima, već prema instrumentu i priboru kojim se mjeri. Elementi za određivanje visinske razlike očitaju se direktno ili se visinska razlika

izračuna iz vertikalnog kuta i duljine (trigonometrijsko određivanje visina):

$$\Delta h_n = d_n \tan \varphi + i - l, \quad (15)$$

gdje je d_n horizontalna udaljenost do detaljne točke N , φ vertikalni kut, i visina stajališta instrumenta, l visina na koju se mjeri vertikalni kut na detaljnoj točki (sl. 3).

Precizna tahimetrija je naziv za polarno snimanje detalja instrumentom čiji je podatak horizontalnog i vertikalnog limba 6' ili manji, a podatak čitanja duljina je 0,01 ili 0,02m. Točnost precizne tahimetrije približno je jednaka točnosti snimanja detalja ortogonalnom metodom.

Danas postoje instrumenti za snimanje detalja polarnom metodom, koji se za mjerenja dužina koriste elektromagnetskim daljinomjerom. Polarno je snimanje detalja takvim instrumentom najtočnija metoda detaljnog snimanja za horizontalnu predodžbu terena.

Detaljni nivelman rasutih točaka. Ako se na ravnom terenu za snimanje detalja upotrebljava nivelir s horizontalnim limbom čiji je podatak čitanja 1' ili manji, određivanje horizontalnih kutova i visinskih razlika naziva se detaljnim nivelmanom rasutih točaka. Postupak je opisan pri detaljnom snimanju za visinsku predodžbu terena i dalje u detaljnom nivelmanu.

Topografska metoda polarnog snimanja detalja jest grafička metoda snimanja detalja geodetskim stolom. U instrumentu se čitaju elementi za određivanje dužine i visinske razlike, dok se smjer prema detaljnoj točki dobiva direktnim viziranjem.

Tom je metodom u drugoj polovici XIX stoljeća izvršena katastarska izmjera zemljišta Hrvatske. Danas se ta metoda rijetko upotrebljava. Tom se metodom rad gotovo u cijelosti odvija na terenu.

DETALJNO SNIMANJE ZA VISINSKU PREDODŽBU TERENA

Obično se prilikom detaljnog snimanja za horizontalnu predodžbu terena mjere i elementi za visinsku predodžbu terena.

Pri aerofotogrametrijskoj metodi izmjere zemljišta, već prema zahtijevanoj točnosti, visinska predodžba terena može se kartirati iz snimaka iz zraka ili se određuje detaljnim nivelmanom.

Ortogonalna metoda detaljnog snimanja terena daje elemente samo za horizontalnu predodžbu terena, te se elementi za visinsku predodžbu terena mjere posebno, obično detaljnim nivelmanom ili trigonometrijskim određivanjem visina.

Pri polarnoj metodi detaljnog snimanja istodobno se snimaju elementi za horizontalnu i visinsku predodžbu terena.

Karakteristične točke za visinsku predodžbu terena jesu detaljne točke koje se biraju: na vrhu brda, grebena i sedla, na dnu doline i depresije, te na svim drugim mjestima preloma terena; na gornjem i donjem rubu obale, jaruge, udoljice, vrtače, grede, podzida, litice, stijene, strme padine, sipine, klizišta, usjeka, nasipa i zasjeka; uz stalne geodetske točke, potkop, bušotinu, arteški i sondažni bunar, kod pećine, ponora, ulaza u tunel i okno rudnika; na križanjima ulica, cesta i putova, na prijelazu ulice, ceste i puta preko željezničke pruge; na mostu i propustu; na dnu korita prirodnog vodotoka i kanala ispod mosta; na dnu propusta i korita prirodnog vodotoka i kanala uz temelje propusta; uz vodomjernu letvu i mareograf, te na mjestima promjene nivelete željezničke i tramvajske pruge, ulice, ceste, puta, nasipa, obale i dna korita prirodnih vodotoka i kanala.

Visinske detaljne točke na dnu korita prirodnih vodotoka i kanala, na nasipu, u osi željezničke i tramvajske pruge, ulice, ceste i puta, te na izgrađenoj morskoj i riječnoj obali uzimaju se na međusobnom razmaku: do 30, 50, 100, 250, 500m za mjerila: 1:500, 1:1000, 1:2000 i 1:2500, 1:5000, 1:10000.

Nadmorske visine detaljnih točaka na ravnom zemljištu, na zemljištu jednolikog pada, na pojedinim terasama terena, na trgu, parku, igralištu, dvorištu, između zgrada te unutar tvorničkog i sličnog prostora određuju se na međusobnom razmaku:

do 20, 30, 50, 120, 180m za mjerila kartiranja: 1:500, 1:1000, 1:2000 i 1:2500, 1:5000, 1:10000.

Detaljni nivelman primjenjuje se na ravnom terenu, za koji se zahtijeva vrlo točna visinska predodžba.

Nivelirati treba sve detaljne točke snimljene za horizontalnu predodžbu terena. Tu mrežu niveliranih detaljnih točaka treba dopuniti niveliranjem svih karakterističnih točaka terena i točaka na razmaku potrebnom za mjerilo kartiranja. Svaka se od detaljnih točaka koja nije snimljena za horizontalnu predodžbu terena mora snimiti naknadno ili se mora razviti mreža kvadrata i drugih geometrijskih likova, koji određuju mjesta detaljnih točaka.

Za provedbu detaljnog nivelmana mora prije toga postojati dovoljno gusta mreža nivelmana visoke točnosti, preciznog, tehničkog ili gradskog nivelmana na koje treba vezati dopunski i detaljni nivelman.

Dozvoljena duljina vlaka dopunskog nivelmana jest 4km. Ako bi razmak između pojedinih zadanih repera bio veći od 4km, treba progustiti mrežu tehničkog nivelmana, ili treba najmanje 3 vlaka dopunskog nivelmana učvoriti tako da svaki vlak od zadanog repera do čvora ne bude dulji od 4km.

Točke dopunskog nivelmana (reperi) obično se stabiliziraju koljem ili klinovima, ili se točke odabiru na objektima. Uvijek treba nivelirati sve stalne geodetske točke na području gdje se provodi detaljni nivelman.

Mjerenje dopunskog i detaljnog nivelmana počinje od zadanog repera niveliranjem iz sredine; pročita se visina letve na zadanoj točki i zatim na prvoj točki vlaka dopunskog nivelmana. Nakon toga se redom čitaju podaci za sve detaljne točke koje se mjere s tog stajališta. Duljina je pojedinih vizura do 100 metara na izgrađenom području i do 140 metara na ostalom području. Za svaku točku detaljnog nivelmana treba pročitati sve tri niti končanice s točnošću od 1mm, a pri detaljnom nivelmanu rasutih točaka treba, osim toga, još očitati podatak horizontalnog limba. Kad se završi mjerenje svih detaljnih točaka sa stajališta, izvrši se kontrolno čitanje na zadanu točku ili na prvu točku vlaka dopunskog nivelmana. Ako razlika

Točka	Dužina d_n u km	Visinska razlika Δh_n	Popravlak $v_n = \frac{f_h d_n}{d}$	H $\Delta h_n + v_n$
R-2422				197,292
R-1	0,182	+1,942	+0,006	+1,948
	0,174	+0,224	+0,006	+0,230
R-2	0,186	+0,865	+0,006	+0,871
	0,128	+0,568	+0,004	+0,572
R-4	0,192	+0,284	+0,007	+0,291
	0,166	-0,566	+0,006	-0,560
R-1965	$d = [d_n] = 1,028$	$[\Delta h_n] = +2,767$	$[v_n] = +0,085$	$\Delta H = +2,802$

$$f_h = \Delta H - [\Delta h_n] = +0,085$$

$$f_{h_{max}} = \pm 48\sqrt{d + 0,06 d^2} = \pm 50 \text{ mm} = \pm 0,050 \text{ m}$$

Primjer 9. Izjednačenje vlaka dopunskog nivelmana

između prvog i kontrolnog čitanja nije veća od 3mm, rad je na tom stajalištu završen, te se prelazi na drugo stajalište i cijeli se postupak ponavlja dok se ne dođe do druge zadane točke, odnosno dok se ne vrati na zadanu točku s koje se počelo mjeriti. Takav se niz točaka vlaka (stajališta) dopunskog nivelmana, s kojih se detaljno nivelira, izjednačuje tako da svaka nivelirana visinska razlika dobije popravlak $v_n = \frac{f_h}{d} d_n$

(primjer 9), gdje je v_n popravlak visinske razlike na stajalištu instrumenta N , f_h razlika visina zadanih točaka umanjena za sumu mjerenih visinskih razlika ($\Delta H - [\Delta h_n]$), $d = [d_n]$ duljina vlaka, d_n razmak između letava na stajalištu instrumenta N i Δh_n izmjerena visinska razlika na stajalištu instrumenta N . Najveća dozvoljena odstupanja za dopunski nivelman reguliraju se pravilnikom.

Nadmorske visine točaka dopunskog nivelmana ili nadmorske visine zadanih točaka služe za računanje horizonta instrumenta i za računanje nadmorskih visina detaljnih točaka. Nadmorska visina horizonta dobije se tako da se nadmorskoj visini zadane točke ili točke dopunskog nivelmana doda očitavanje na letvi na toj točki (visina vizure). Na svakom stajalištu instrumenta visina vizure određuje se viziranjem na dvije točke; dobivaju se dva horizonta, a za računanje nadmorskih visina detaljnih točaka uzima se aritmetička sredina. Nadmorska visina detaljne točke dobiva se oduzimanjem od visine horizonta očitavanja srednjeg konca na letvi postavljenoj na detaljnoj točki (primjer 10). Nadmorske visine detaljnih točaka računaju se na centimetar.

Točka	Očitavanje na letvi	Visina horizonta	Nadmorska visina točke
R-1	1,922	201,102	199,180
d.1.1	1,662	201,105	199,44
2	1,783		199,32
3	1,560		199,55
4	1,318		199,79
R-2	1,698	201,108	199,410

Primjer 10. Računanje nadmorskih visina detaljnih točaka

Snimanja visinske predodžbe terena detaljnim nivelmanom izvode se kao detaljni nivelman rasutih točaka ili kao detaljni nivelman mreža kvadrata i drugih geometrijskih likova, ili kao detaljni nivelman profila. Najčešće se primjenjuje detaljni nivelman rasutih točaka.

Kada na ravnom terenu ili na terenu jednolikog pada ima malo detaljnih točaka za koje je određen horizontalni položaj, upotrebljava se mreža kvadrata ili drugih geometrijskih likova kojima se određuje horizontalni položaj.

Detaljni nivelman profila služi za snimanje prometnica, prirodnih vodotoka, kanala i njihovih trasa. Profili se postavljaju okomito na objekt ili na trasu objekta.

IZRADBA PLANOVA I KARATA

Kad se završi detaljno snimanje horizontalne i visinske predodžbe terena, pristupa se izradbi planova i karata, koja se sastoji iz računске obrade mjerenih podataka, kartiranja, crtanja izdavačkih originala, izradbe originala opisa i umnožavanja planova i karata.

Računanje mjerenih podataka obavlja se radi sređivanja tih podataka za potrebe kartiranja, crtanja i računanja površina. Računanjem mjerenih podataka u prvom redu sređuju se zapisi mjerenja, zatim se računaju duljine reducirane na horizont, te koordinate i nadmorske visine svih točaka potrebnih za horizontalnu i visinsku predodžbu terena.

Kartira se na tri načina: nanašanjem stalnih geodetskih točaka zajedno s decimetarskom mrežom lista i kartiranjem detalja analogno načinu snimanja; nanašanjem detaljnih točaka na list po koordinatama zajedno s nanašanjem stalnih geodetskih točaka i decimetarske mreže, i nanašanjem decimetarske mreže i orijentacijskih i stalnih geodetskih točaka, te kartiranjem detalja iz snimaka iz zraka (pri aerofotogrametrijskoj metodi).

Danas se izdavački originali crtaju na prozirnom stabilnom crtačem materijalu (foliji od plastičnog materijala). Za svaku boju, koja će se otisnuti na listu plana ili karte, izrađuje se izdavački original na posebnoj foliji. Stabilni se materijal odabire zato, da list tokom rada ne bi mijenjao dimenzije zbog utjecaja vlage i promjene temperature.

Prema originalu opisa lista plana ili karte montira se sav unutrašnji i vanjski opis lista plana ili karte.

Tada se pristupa umnožavanju listova plana ili karte u jednoj ili više boja.

LIT.: Pravilnik o katastarskom premeravanju, II deo, Poligona i linijska mreža; III deo, Omeđavanje i snimanje detalja; V deo, Izrada planova i računanje površina. Ministarstvo financija, Beograd 1930. — Topografski ključ za planove u razmerama 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 i 1 : 2500. Glavna geodetska uprava, Beograd 1955. — Pravilnik za državni premer; II deo, Opšte odredbe o promeru i propisi o linijskoj mreži; III deo, Razgraničenje i snimanje detalja i reljefa zemljišta i detaljni nivelman. Savezna geodetska uprava, Beograd 1958. — Uputstvo za fotogrametrijske radove na državnom premeru. Savezna geodetska uprava, Beograd 1962. — Uputstvo za fotogrametrijske radove na državnom premeru; II deo, Kancelarijski radovi. Savezna geodetska uprava, Beograd 1964. — Kartografski ključ za osnovnu državnu kartu u razmeri 1 : 5000 i 1 : 10000. Savezna geodetska uprava, Beograd 1964. — Pravilnik o tehničkim propisima za izradu originala planova i određivanje površina parcela pri premeru zemljišta. (Službeni list, br. 8/1970), Beograd 1970. — Zakon o geodetskoj izmjeri i katastru zemljišta. (Narodne novine, br. 16/1974), Zagreb 1974. — Zbirka kartografskih znakova. Prilog Pravilniku kartografskim znakovima. (Narodne novine, br. 24/1976), Zagreb 1976. — A. L. Higgins, Higher Surveying. London 1944. — W. Jordan, C. Reinherz, O. Eggert, Handbuch der Vermessungskunde. Stuttgart 1935—1966. — S. Macarol, Praktična geodezija. Tehnička knjiga, Zagreb 1968. — F. Braum, Elementarna fotogrametrija. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1969.

Z. Gjurgjan

GEODETSKI INSTRUMENTI I UREĐAJI

upotrebljavaju se za geodetska mjerenja i ispitivanja (v. *Geodezija*). Vrlo različiti zadaci geodetskih mjerenja u izmjeri zemljišta, primijenjenoj geodeziji u inženjerskim radovima, melioracijskoj izmjeri, zatim u fizikalnoj geodeziji i drugim praktičnim i znanstveno-istraživačkim radovima uvjetovali su razvoj i primjenu raznovrsnih mjernih instrumenata. Radi preglednosti instrumenti se svrstavaju u osnovne grupe: instrumenti za mjerenje kutova, iskolčenje i ispitivanje pravaca, instrumenti za mjerenje visinskih razlika, instrumenti za mjerenje duljina, tahimetri, laboratorijski mjerni instrumenti i uređaji. Posebnu grupu čine fotogrametrijski mjerni instrumenti i uređaji, koji se upotrebljavaju pri izvođenju i obradi geodetskih radova primjenom posebnih metoda snimanja (v. *Fotogrametrija*). U posebnu grupu moraju se izdvojiti i instrumenti koji se primjenjuju u geofizičkim mjerenjima, gravimetriji (v. *Gravimetrija*) i geodetskoj astronomiji.

Već od najstarijih vremena aktivnost i interes čovjeka usmjereni su i na različita mjerenja pri određivanju udaljenosti, visinskih razlika, položaja objekata, a zatim pri izvedbi građevina, izradbi karata i pri astronomskim istraživanjima. Potreba mjerenja uvjetovala je razvoj mjernih metoda i instrumenata kojima su se bavile posebne znanstvene discipline: geodezija i astronomija (v. *Astronomija*; v. *Geodezija*).

Prva pisana djela o mjernim instrumentima pojavila su se pred više od 2000 godina. Heron iz Aleksandrije napisao je djelo *περὶ διόπτρας* peri dioptras *O dioptri*. Uz različite zadatke mjerenja, u tom je djelu opisan i instrument s ugrađenom kružnom horizontalnom pločom i linealom za viziranje. Instrument je imao i poseban uređaj za mjerenje visinskih razlika, temeljen na primjeni spojenih posuda, a sastojao se od brončane cijevi s nastavcima od staklenih cijevi u obliku slova U. Na točke bila je postavljena letva s podjelom, a vertikalno po letvi pomicala se marka do vizirane visine. Instrumenti, poznati u doba aleksandrijske epohe, nisu se znatno izmijenili sve do XVII st. U to vrijeme bile su poznate različite konstrukcije uređaja za viziranje i za mehaničko mjerenje duljine. Prva kružna podjela nalazi se na astrolabu (poznat već od Hiparha), koji je služio za mjerenje visinskih razlika, a zatim visinskih kutova. Arapi uvode stupanjsku podjelu, pa je astrolab u srednjem vijeku najviše upotrebljavani instrument. Postavljen horizontalno, preteča je današnjih teodolita. U XVI st. konstruiran je i mjerni stol s linealom za viziranje.

Tek konstruiranjem durbina (1609) i mikroskopa nastaje nova era u razvoju mjernih instrumenata. Prva geodetska mjerenja uz primjenu durbina duljine 1 m načinio je francuski astronom J. F. Picard (1670) prilikom njegovih gradusnih mjerenja. Niti

prvih mjernih durbina bile su tanke žice, svilene niti, ili niti paučine. God. 1748. primjenjuje Tobias Mayer staklenu pločicu s urezanim crtama. God. 1674. upotrebljava J. F. Picard pri mjerenjima i uređaj za niveliranje i mjerenje malih visinskih kutova. To je durbin s njihalom duljine 1,30 m. Razvoj nivelira i uređaja za horizontaliranje započinje izumom cijevne libele (1662, Thévenot), dok se dozna libela primjenjuje tek od 1770 (J. Mayer). Nivelir s reverzijskom libelom konstruiran je 1857.

Prvi teodolit, u osnovi sličan današnjem teodolitu, izradio je engleski mehaničar John Sisson (1730). U istom stoljeću poboljšan je radovima J. Shorta, Adamsa, a posebno Jessa Ramsdena, koji je uveo i mikrometrički vijak (1783) za točnija očitavanja limbova pomoću mikroskopa i konstruirao okular sa dvije leće. Okular sa tri leće uvodi mehaničar Kellner (1849). J. Ramsden je izradio i prvi kvalitetan stroj za izradbu podjele krugova (1763), a 1840. uvodi se prvi automatski stroj (Oertling). Nakon konstrukcije prvih akromatskih objektiv (J. Dollond, 1758), pojavljuje se i prvi geodetski durbin s akromatskim objektivom (J. Ramsden, 1787). Znatno razvoj dalekozora postignut je radovima J. Fraunhofera koji uvodi proračun i mjernu kontrolu optičkih sustava.

Kutno zrcalo za iskolčenje okomica pronašao je londonski mehaničar Adams (1740), a poslije se za tu svrhu uvodi trostrana pravokutna prizma (Bauernfeind, 1851), a zatim i pentagonalna prizma (Goulier, 1864).

Velike zasluge za modernizaciju geodetskih instrumenata pripadaju H. Wildu (1877—1951), koji dolaskom u tvornicu Zeiss u Jeni osniva odjeljenje za geodetske instrumente. On uvodi unutrašnje izoštravanje konstrukcijom teleobjektiva (1908) i time znatno skraćuje durbin i poboljšava kvalitetu viziranja, uvodi cilindrične osi, libelu s koincidencijom mjehura (1908), staklene limbove umjesto metalnih. H. Wild je konstruirao i prvi optički teodolit (1922) s optičkim mikrometrom s plan-paralelnim pločama. Prvo uvođenje tih znatnih promjena bilo je tehnološki teško izvedivo zbog sjedinjavanja više optičkih elemenata u malom prostoru instrumenta, no bio je to znatan korak u razvojnom putu do suvremenih instrumenata.

Očitavanje pomoću skale uvodi Hensoldt (1879), a jednostavni optički mikrometar H. Heckmann-Fennel (1930). H. Wild je konstruirao teodolit s dvostrukim krugovima (DK-teodoliti tvornice Kern) i medijalni teodolit (DKM-3, 1936), koji se proizvodi i danas. Prvi teodolit s fotografskom registracijom podataka konstruiran je prema E. Gigasu 1942. Teodoliti i tahimetri s automatskom registracijom podataka uz kodirane podjele pojavljuju se 1963 (tvornica Fennel) i 1965 (tvornica Kern). Digitalni teodolit, tj. teodolit s digitalnim očitavanjem krugova i mogućnosti automatske registracije konstruiran je 1965 (Breitaupt).

Iako su svojstva zvrka poznata od 1852 (L. Foucault), konstrukcija giroteodolita pojavljuje se oko 1950, a serijska proizvodnja 1960 (KT-1, Fennel). Od 1963. izrađuju se girusustavi i kao dodatak teodolitu.

Pokušaji automatskog horizontaliranja vizurne linije durbina poznati su već u XVIII st. S durbinom, kao i s njihalom i zrcalom, ispred objektiv (Couturier, 1878) za odklon vizurne osi za 90° postignuta je točnost horizontaliranja $\pm 10''$. Claude i Driencourt (1900) primjenjuju živin horizont za horizontaliranje durbina, a H. Wild (1922) uključuje takav horizont, kao optičku plohu, u preslikavanje durbina s točnošću horizontaliranja $\pm 1''$. H. Heckmann (1932) uvodi preslikavanje mjehura libele u vidno polje durbina radi automatske korekcije očitavanja. Na tom principu konstruirao je Stodoljkjevič (1946) vrlo kvalitetan nivelir koji je primijenjen u SSSR-u. Međutim, prekretnica u razvoju nivelira s automatskim horizontaliranjem nastaje 1950, kada je tvornica Opton (Zeiss) u Oberkochenu proizvela nivelir Ni2 (sl. 46) uz primjenu optičkog kompenzatora (optičkog elementa na njihalu). Optički element kompenzatora je pravokutna prizma gdje se za razliku od čitavog durbina (Couturier) njiše svega 1/100 mase durbina. Uz praktični oblik i veličinu vrlo se brzo afirmirao u praksi, te se uskoro razvijaju i primjenjuju brojni niveliri s automatskim horizontaliranjem. Slično se zamjenjuje i libela vertikalnog kruga teodolita. Nakon što je tvornica Opton u Oberkochenu uvela automatizaciju preslikavanjem mjehura