

UDK 528.08:528.51/.56"71"
Stručni članak

Razvoj novih tehnologija i mjerne tehnike

Dušan BENČIĆ – Zagreb*

SAŽETAK. Pregled razvoja novih tehnologija i mjerne tehnike dan je u ovome radu u obliku recenzije i osvrta na novo izdanje značajne sujetske publikacije s naslovom "Poznavanje instrumenata mjerne tehnike" autora profesora Fritza Deumlichia i Rudolfa Staigera.

Ključne riječi: nove tehnologije, mjerna tehnika.

1. Uvod

Snažan razvoj novih tehnologija, koji je uzrokovao značajne promjene u geodetskoj izmjeri uz primjenu novih metoda i mjerne tehnike, ali i u zapisu, prijenosu i obradbi podataka mjerenja i računanja, započeo je 1950-ih godina, a nastavio se intenzivno posljednjih desetak godina proizvodnjom i primjenom novih specijaliziranih automatiziranih mjernih uređaja i računalne tehnologije. Taj je razvoj uzrokovao i značajne interdisciplinarnе veze tehničkih struka u cjelini, kao i na području mjerne znanosti i mjerenja. Logično se postavlja pitanje gdje je težište i gdje su granice stručne djelatnosti geodeta? Ovdje ćemo se osvrnuti samo na mjernu djelatnost. Kako bismo imali pregledan uvid u razvoj novih tehnologija i mjerne tehnike, iskoristit ćemo prigodnu pojavu novog izdanja ove publikacije svjetskog ugleda, autori koje su istaknuti profesori i stručnjaci. Stoga ćemo u obliku osvrta i razmišljanja najbolje sažeto prikazati novi razvoj i njegovo značenje za našu struku. U tehnološkom razvoju posebno značenje imaju instrumenti i mjerni sustavi za određivanje 3D-koordinata točaka. To su karakteristična dva sustava: mjerni sustavi za određivanje koordinata u bliskom području i sustavi opažanja putem satelita.

2. Osvrt na knjigu *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik*

Novo izdanje knjige o mjernoj tehnici u izvornom je naslovu *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik* (Poznavanje instrumenata mjerne tehnike). Autori su

*Prof. dr. sc. Dušan Benčić, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb

Fritz Deumlich i Rudolf Staiger. Izdavač Herbert Wichmann – Heidelberg objavio je 2002. godine 9., potpuno prerađeno i prošireno izdanje toga značajnog djela na području mjerenja i mjernih instrumenata s ukupno 426 stranica A4 formata.

Dosadašnja izdanja: 1. izdanje (1957.) pojavljuje se u suradnji dvaju autora F. Deumlicha i M. Seyferta, a od 2. do 8. izdanja autor je F. Deumlich, profesor TU Dresden; 2. prerađeno izdanje pojavljuje se 1963. i 3. kao pretisak 2. izdanja; 4. prerađeno i prošireno izdanje (1967.) s prijevodom na ruski (izdavač: Nedra, Moskva, 1970); 5. prerađeno i prošireno izdanje (1972.); 6. nešto promijenjen pretisak petoga izdanja (1974.); 7. izdanje na engleskom jeziku (izdavač: Springer, Berlin / New-York, 1982.) i 8. izdanje (WEB, Verlag für Bauwesen, Berlin) prevedeno na većinu svjetskih jezika (i na kineski).

S nestrpljenjem čekali smo dugo najavljivano 9. izdanje. Već sâm pregled dosadašnjih osam izdanja pokazuje ne samo značenje djela u svjetskim okvirima već, uz nužnost stalnog proširivanja, i iznimnu dinamiku razvoja mjernih instrumenata, mjerne tehnike i metoda mjerenja vezanu uz razvoj novih tehnologija, a posebno automatike, elektroničke i računalne tehnologije. Autori novog izdanja u uvodu ističu da se u posljednjem desetljeću 20. stoljeća na području mjernih instrumenata promijenilo više negoli prethodnih godina. Stoga se u 9. izdanju morala promijeniti i dosadašnja sistematizacija, posebno zbog sve značajnije primjene elektronike u mjernim instrumentima, što zahtijeva i potrebu šireg poznavanja tog područja znanosti. Autori ističu da su se i ciklusi proizvodnje pojedinih instrumenata i njihove prodaje, zbog stalnih novina, drastično skratili. Dok su se optičko-mehanički instrumenti prodavali praktično nepromijenjeni i do 30 godina, to se kod npr. elektroničkih tahimetara reduciralo na 3 do 5 godina. Stoga je današnje stanje zbog stalnog tehnološkog razvoja takvo, da su novi opisani mjerni instrumenti samo trenutni odraz aktualnog stanja. I ne samo to, u posljednjih 15 godina došlo je, kao posljedica tehnološkog razvoja i globalnog tržišta, i do nestanka dugogodišnjih poznatih tvornica kao i pojave novih, često spajanjem u velike svjetske tvrtke s novim nazivima tvrtki, ali i instrumenata. Tako se, npr. u nas posebno poznate tvrtke KERN (osnovan 1819.), WILD (osnovan 1921.) i LEITZ (osnovan 1849.) ujedinjuju u koncern kojem kasnije pristupa i tvrtka Cambridge instruments Comp. (osnovana 1881.) i od 1990. nastupaju pod zajedničkim nazivom LEICA. Tom koncernu pristupa 1994. i komercijalni odjel GPS Magnavox (SAD). Od 1997. je LEICA Geosystems AG dio koncerna LEICA.

Knjiga je podijeljena na poglavlja:

1. Uvod
2. Osnove optike i elektronike
3. Sastavni dijelovi i pribor geodetskih instrumenata
4. Jednostavni pomoćni uređaji za izmjeru
5. Instrumenti za mjerenje duljina
6. Instrumenti za određivanje smjerova i kutova
7. Instrumenti za mjerenje visina
8. Instrumenti za 3D-mjerenje koordinata

U uvodnom dijelu dan je općenit opis pojmova mjerenja i mjerne tehnike kao što su: mjerni tok, mjerni sustavi, mjerni postupci, mjerenje kao proces prijenosa signala,

mjerne veličine, pogreške i uzroci pogrešaka, pojam mjernog odstupanja, slučajna i sustavna odstupanja, mjerni rezultat i mjerna nesigurnost. Na kraju poglavlja dan je pregledan povijesni razvoj geodetskih instrumenata, pregled proizvođača te postupak s geodetskim instrumentima. U drugom poglavlju dani su temelji optike, geometrijska i valna optika, osnove elektronike, elektricitet i magnetizam, optoelektronika, modulacija i demodulacija, digitalna elektronika. Ostala poglavlja svojim naslovima daju i bit sadržaja opisanoga gradiva.

U ovom kratkom pregledu nije moguće ni spomenuti sve značajne mjerne instrumente i uređaje koje su autori prikazali. No valja reći da su uspjeli u tako opsežnom gradivu voditi čitaoca u svakom poglavlju od jednostavnoga k složenom i uz opis bitnih funkcija sve do suvremenih konstrukcija i tehnologija. Pred našim očima oslikavaju se brojne intuitivne konstrukcije ponajprije optičkih, a zatim elektroničkih mjernih elemenata i sklopova sve do modularnih mjernih sustava. A koliko se toga svojedobno novoga i zanimljivog, danas više ne proizvodi! To su u prvom redu optički teodoliti s genijalnim konstrukcijama H. Wilda, zatim optički tahimetri (npr., od prvih konstrukcija DAHLTE do proizvodnje prošlo je 20 godina!), koji se nisu mogli uključiti u neprekidni tijek mjernih podataka. Slično je s optičkim nivelirima, koje sve više zamjenjuju digitalni niveliri. No posebnu pozornost obratit ćemo na zanimljivo 8. poglavlje: Instrumenti za 3D- mjerenje koordinata. To su instrumenti kojima se položaj svake točke određuje s tri dimenzije u određenom sustavu koordinata, tj. mjere se elementi kojima se istodobno mogu utvrditi horizontalni položaj i visina točke. U istom se poglavlju po tom načelu opisuju optički tahimetri sve do mjernih postupaka i građe GPS-sustava i GPS-prijamnika. Kao da su se sučelile dvije tehnološke epohe, a s tako kratkim vremenskim razmakom!

Autori opširno opisuju razvoj elektroničkih tahimetara od prvih početaka (Reg Elta 14, 1968.) do potpuno automatiziranih instrumenata. U posljednjem desetljeću došlo je do novog značajnog razvoja kada se 1990. godine pojavio prvi motorizirani tahimetar System 4000 Geotronics s oznakom One-man-station, što je značilo novu radnu tehniku: mjesto mjeritelja premjestilo se od tahimetra do reflektora na cilju uz daljinsko upravljanje s funkcijom glavnog instrumenta – motoriziranog, tj. pokretljivog tahimetra sa senzorima za traženje cilja. Autori ističu da se posljednjih godina mjerna tehnika elektroničkih tahimetara i dalje razvila. Tako npr.:

- mnogi se tahimetri danas mogu daljinski upravljati preko serijskih sučelja (RS-232) ili internih programa,
- svi su tahimetri opremljeni kompleksnom programskom podrškom uz vođenje putem izbornika za redukciju, transformaciju, odnosno daljnju obradbu mjernih podataka,
- korisnik može koristiti vlastite programe,
- uz mjerenje duljina na kooperativne ciljeve (reflektori, refleksne folije itd.) moguće je i mjerenje bez reflektora (primjenom laserske zrake i do 200 m),
- suvremeni je tahimetar multisenzorni sustav koji se sastoji od mehaničkih, optičkih i elektroničkih sastavnica, a ima različite funkcije, od kojih su glavne sudjelovanje u mjerenju mjernih veličina (geodetski senzori), a pomoćni senzori mjere npr. nagib osi, odklon točke cilja od vizurne osi (kod automatskog pozicioniranja), temperaturu i tlak zraka, napon baterija itd.

- tahimetri imaju mnogobrojan pribor, npr. laserske viskove, optički uređaj za iskolčenje (tracklight) i grafičke zapisnike koji se sastoje uglavnom od IBM-kompatibilnih računala (laptop, notebook, pen-computer, hand-hold),
- očitavanje kodiranih krugova je optičko-elektroničko i slijedi u nekoliko milisekundi i uz mjernu nesigurnost 0,1 do 0,2 mgon,
- mjerne nesigurnosti duljina postižu se u iznosima: 1 mm + 1 ppm do 5 mm + 3 ppm (npr. ZEISS Elta R).

Karakteristike su konstrukcija i praktično nestanak uređaja za pomak kruga, budući da su pogreške kodirane podjele kruga značajno smanjene, posebno one s duljom periodom.

U potpoglavlju Elektronički tahimetri opisana je građa elektroničkih tahimetara, kompenzatori, građa osi, mikroprocesori, zapis i memorija podataka, pokazni uređaj, video kamera i PSD-dioda (poziciono osjetljiva dioda), upravljačka jedinica (mikroprocesor s API – Application Programming Interface), programiranje API, prijenos podataka tahimetar-računalo, korekcija mjernih vrijednosti.

Posebno podpoglavlje posvećeno je motoriziranim tahimetrima, što je s obzirom na njihovo značenje u brojnoj primjeni razumljivo. U tih tahimetara značajne su nove konstrukcije za motorni pogon pri mjerenju uz motorno pozicioniranje cilja. Kod motoriziranih daljinomjera konstruktori zamjenjuju i klasičnu izvedbenu jedinicu: stezaljka-fini pomak uz primjenu motornog pogona s kliznim kvačilom. Prema tehnološkim rješenjima razlikujemo:

- manualne tahimetre s motoriziranim grubim pozicioniranjem, a opažач obavlja precizno viziranje, uz pretpostavku da su za pozicioniranje memorirani poznati kutovi, odnosno koordinate stajališne i ciljne točke (npr. tahimetri LEICA TPS 5000, ZEISS ELTA 5). Pri viziranju nema više mehaničkog prijenosa zakretanja vijka na pomak alhidade ili dalekozora, već se zakreti prenose na motore koji upravljaju zakretanje. Time i vijci mogu biti smješteni na donjem čvrstom dijelu. Mjerni je proces manje zamoran, a opažач se koncentrira samo na fino viziranje.
- motorizirane tahimetre sa sensorikom za traženje cilja. To su instrumenti za različite standardne zadatke izmjere, kod kojih se ciljne točke automatski detektiraju i mjere, kao i za nove zadatke, npr. mjerenje prema pokretnim ciljevima (kinematski mjerni mod), a time i nadzor i upravljanje pokretnih objekata, strojeva i elemenata, građevinskih strojeva. Nove tehnologije u mjernim zadacima ne služe za povećanje točnosti, već za ubrzanje i pojednostavljenje mjernih tokova, npr. pri periodičnom ponavljanju mjerenja kao što je nadzor klizišta (monitoring), ali i za ubrzanje u automatskom toku izvršavanja poznatih mjernih zadataka. Ti tahimetri imaju i manualni mjerni mod za opažanje nekooperativnih ciljeva (npr. geodetske značke). Pri automatskom traženju kooperativnih ciljeva (pozicioniranje) razlikuju se dva postupka: grubo i fino traženje cilja (viziranje). Različite konstrukcije autori opisuju prvo u izvedbi prototipa TOPOMAT (1968.) sastavljenoga od motoriziranog teodolita WILD T2000, daljinomjera DI 1000 uz upravljačko računalo i CCD-kameru za fino detekciju, a zatim tahimetara u serijskoj proizvodnji: Geodimeter 400 (1990.), Geotronics (danas: Spectra Precision), GMT 1001 i GTS-800A, TOPCON; TCA 1800, LEICA; Elta S 10/20, ZEISS sa CCD-kamerom.

U praktičnoj primjeni postoje danas različiti nazivi: automatski tahimetar, servo-tahimetar, robot-tahimetar, mjerni robot ili motorizirani računalni tahimetar s automatskim viziranjem.

Posebnu skupinu u razvoju prvih instrumenata s motornim pogonom čine servo-teodoliti s ručnim upravljanjem (joystick) ili programiranim upravljanjem sve dok ciljna točka nije u vidnom polju CCD-kamere. To su npr. videoteodoliti KERN E2-SE; WILD TM 3000 (1987.). Isključivo su koncipirani za automatsko ponavljanje mjerenja, najčešće u sustavu dvaju ili više instrumenata (presjek naprijed).

Posebno potpoglavlje autori posvećuju instrumentima za određivanje koordinata u bliskom području, što je značajno ne samo zbog pojave novih konstrukcija mjernih instrumenata i uređaja, već i zbog toga što je to područje povezano s mjernom djelatnošću drugih tehničkih struka, a dio je značajne djelatnosti geodetskih inženjera u dijelu inženjerske i praktične geodezije, fotogrametrije i geoinformatike općenito.

Autori ističu značenje primjene optičkih mjernih metoda i postupaka usmjeravanja, npr. "Optical Tooling", te fotogrametrije u bliskom području, u industrijskim postrojenjima i proizvodnji posebno prijevoznih sredstava, u građevinskim radovima. Optičko-mehanički teodoliti i niveliri primjenjivali su se desetljećima za usmjeravanje, podešavanje i nadzor velikih radnih strojeva i sastavnih elemenata. Na temelju geodetskih mjernih tehnika i metoda nastao je posljednjih godina segment proizvodnje u kojem različiti proizvođači nude danas mjerne uređaje i sustave koji sadrže ili sastavnice geodetskih instrumenata, ili se zasnivaju na posebnim razvojkama koji se ponovno povezuju s geodetskim Know-how.

Osnovni zadatak mjerne tehnike dimenzija u industrijskom okruženju određivanje je trodimenzijskih koordinata objekta (a time i oblika, odnosno i promjena oblika) u bliskom području, tj. na udaljenostima do 100 m. Autori ističu mogućnost primjene mnogobrojnih postupaka i mjerne tehnike, s određenim prednostima, ali i nedostacima, pa je od posebnog značenja uloga stručnjaka-mjeritelja koji u traženju metode i optimalnog mjernog postupka mora povezati značajke postupka sa stvarnim mjernim zadatkom, uzevši u obzir brojne kriterije, kao što su veličina i pristup objektu, statički ili pokretni objekt, mogućnost i način izmjere, mogućnost i način signalizacije, zahtijevana točnost, ekonomičnost izmjere itd. Autori daju i preglednu shemu mogućnosti primjene različitih mjernih tehnika za određivanje koordinata u bliskom području. Osnovna je podjela na točkasto, odnosno plošno snimanje. Snimanje točaka, koje se najčešće primjenjuje, obavlja se trima osnovnim mjernim tehnikama: taktilnom (dodirnom), optičkom i fotogrametrijskom.

U taktilne mjerne postupke ubrajaju se koordinatni mjerni uređaji i strojevi, koje je danas moguće programirati za potpuno automatizirana mjerenja uz razlučivanja 1 do 0,1 μm . Optički mjerni postupci koriste se metodom presjeka naprijed, presjeka natrag i lučnim presjekom, a najčešće polarnim određivanjem koordinata. Autori posebno opisuju postupke i mjerne sustave metoda presjeka. Tako se presjek naprijed kao čista geodetska metoda s mjernim sustavom teodolita razvijao u 5 generacija. Od tzv. 0. generacije s optičkim teodolitima razvila se 1. generacija s dva elektronička teodolita (1980.) i 2. generacija s primjenom 4, 8, ili 16 povezanih elektroničkih teodolita (1986.), npr. KERN ECD S2 i ECD S3 (Electronic Coordinate Determination System), WILD TMS MANCAT (Theodolite Measuring System Manual Computer Analysing Theodolites) i sa značajno proširenim programima obradbe podataka. Na bazi 2. generacije razvijena je 3. generacija (1988.) s automa-

tiziranim preciznim motoriziranim teodolitima i u dalekozor integriranom CCD-kamerom s programima za obradbu slike i određivanje koordinata točke. Programiranje slijedi na osnovi jednog mjerenja u Tech-In-Modus ili offline-programiranju (triangulacijski sustavi) npr. KERN SPACE (System for Positioning and Automated Coordinate Evaluation), WILD ATMS AUTOCAT (Automated Theodolite Measuring System, Automated Computer Analysing Theodolites). Četvrta generacija je visoko automatiziran sustav sa specifičnom senzoričkom za mjerenje u industriji, npr. ΔXYZ , Leica (1996.) modularne građe s mogućnošću primjene različitih tehnologija mjerenja (npr. presjek naprijed sa sustavom teodolita, polarno snimanje uz primjenu sustava laser-tracker).

Presjek natrag za bliska područja prikazan je opisom sustava CAPSY – Computer Aided Positioning System, Spectra-Physic (1994.). Instrument s rotirajućom glavom odašilje lasersku zraku koja se odbija s refleksnih folija ciljne ploče i detektira u prijammiku glave. Ciljna je ploča kodirana uzorkom vertikalnih crtica. Kodirani uzorak ima dva zadatka: identifikaciju ciljne marke laserskom zrakom i određivanje trenutka prolaza rotirajuće zrake. Kut se određuje dinamičkim postupkom na osnovi razlike vremena prolaska laserske zrake između ciljnih marki. Ako se u prostoru nalaze najmanje tri ciljne marke s poznatim koordinatama, koordinate stajališne točke određuju se presjekom natrag. Sustav CAPSY ima mogućnost da također primjenom kodiranih ciljnih ploča na krajnjim točkama pomoćne osnovice odredi presjekom naprijed koordinate točaka potrebnih za račun presjekom natrag. U normalnim uvjetima postiže se razlučivanje koordinata 2 mm.

Pri optičkim mjernim postupcima u bliskom području za polarnu metodu određivanja koordinata primjenjuju se elektronički tahimetar i laser-tracker (laser tracking system). U načelu se svaki elektronički tahimetar može primijeniti za određivanje 3D-koordinata u bliskom području primjenom integriranih programa. Autori opisuju dva polarna sustava: 1) Monmos (Mono Mobile Station), Sokkia i PCMS (Polar Coordinate Measurement System), Leica. Monmos sastoji se od preciznog tahimetra NET-2100 s integriranim standardnim programom za izmjeru ili iskolčenje 3D-koordinata i eksternim terminalom SDR-4E povezanim kabelom s tahimetrom s mogućnošću daljnjih funkcija, npr. usporedba koordinata (ima – treba), transformacija koordinata, primjena triju različitih metoda za određivanje koordinata točaka objekta uz signalizaciju refleksnim folijama. Mjerno je područje od 2 do 100 m uz standardno odstupanje duljine 0,8 mm + 1 ppm. 2) PCMS (Polar Coordinate Measurement System), Leica, koji je razvijen na osnovi sustava teodolita ECDS 3. U sustavu je primijenjen tahimetar TC 2002 s posebnom predlećom na objektivu. Čvrsti dio sustava je PC (desktop ili laptop) s pogonskim sustavom MS-DOS. Kao ciljne marke primjenjuju su refleksne marke. Mjerna nesigurnost za pravac (mjeren u dva položaja dalekozora) $s = 0,15$ mgon, a za duljine $s_D = 1$ mm + 1 ppm.

Karakteristično je da je mjerna nesigurnost za duljine manje od 30 m, u smjeru duljine signifikantno veća od one poprečno na smjer duljine.

Sustavi laser-tracking-sustavi koriste lasersku zraku za određivanje polarnih 3D-polarnih koordinata na tahimetrijskom principu, tj. na osnovi duljine i dvaju pravaca (kuta), uz dosege do 50 m. Tvrtka Leica razvila je 1990. godine prvi Laser-tracker System Smart 310. Danas su na tržištu različiti sustavi na bazi 3D-interferometrije: Tracker II-System, API Brunson; LTD 500, Leica i System Tracker

4500, SMX. Mjerni element kose duljine zasnovan je na interferometrijskome mjerenju, dok se oba kuta dobivaju na osnovi pozicijski osjetljivog detektora i elektrooptički kodiranih mjerenja. Mjerno-tehnički sustavi razlikuju se u vođenju laserske zrake. U sustavu LEICA laserska zraka otklanja se pomoću zrcala koje se motor-nim pogonom okreće oko dvije osi – horizontalne i vertikalne. Nakon odbijanja na ciljnoj točki na povratnom putu dolazi do zrcala – djelitelja, koji dio usmjerava na pozicijski detektor, a drugi dio na interferometrijsku jedinicu. Mjerna glava slijedi pokretnu točku objekta, a priključeni procesori (PC) iz razlika duljina mjerenih interferometrom, promjena kuta i otklona laserske zrake računa promjene koordinata ciljne točke u ovisnosti o vremenu. Duljine se mjere s nesigurnošću unutar mikrometra. Za te sustave dovoljan je jedan mjeritelj, čak ako i sam ručno pomiče reflektor. Glavne primjene su off-line programiranje i kalibriranje robota, usmjerenje i kontrola proizvodnih uređaja i građevnih dijelova, upravljanje strojeva svih vrsta.

Posebna je konstrukcija Laserradar CLR (Coherente-Laser-Radar) tvrtke Metric-Vision (SAD), mobilni 3D-mjerni sustav za beskontaktno mjerenje točaka objekta, tj. bez reflektora ili specijalne signalizacije. Kako pri faznom mjerenju duljine bez reflektora dolazi do faznog pomaka zbog difuzne refleksije na objektu, to je karakteristično da je pritom primijenjeno načelo kontinuirano promjenljive modulacijske frekvencije, poznato iz radarske tehnike. Mjerna nesigurnost koordinata (dana s 3σ) za udaljenosti 2 do 10 m iznosi $65\ \mu\text{m}$, a za duljine veće od 10 m dodatno 6,5 ppm.

Na kraju prikaza sustava za mjerenje u bliskom području opisano je plošno mjerenje na načelu laserskog skeniranja. Pod laserskim skeniranjem podrazumijeva se trodimenzionalno snimanje površine objekta vremenskim i mjesnim pomakom laserske zrake koja se oblikom rastera vodi po površini uz otklon preko dvaju okretaj-nih zrcala. Na osnovi poznatih zaokreta zrcala i mjerene duljine na osnovi fazne metode određuju se polarne koordinate točke. Uz geometrijsku informaciju registri- ra se i intenzitet reflektiranoga laserskog signala ovisan o spektralnom stupnju refleksije i prostornoj orijentaciji plohe. Ako se izmjerene vrijednosti koordinata X , Y , Z i intenzitet I memoriraju u obliku rastera točaka, dobiva se položajna slika i slika intenziteta, pa se govori o 4D Laser-Scanning. Za tehnologiju odnosno primje- nu sustava Laser-Scanner može se reći da je produkt digitalne fotogrametrije i elektroničke tahimetrije. Autori opisuju Laser-Scanner CYRAX 2500, CYRA; Calli- dusi i Niebuhr; LMZ 210, Riegl. Standardno odstupanje koordinata iznosi 5 do 6 mm.

Na kraju knjige u posebnom potpoglavlju dan je osvrt na suvremene sustave potpo- mognute satelitima. Tako je nakon kratkoga povijesnog pregleda jezgrovito opisan osnovni princip rada satelitskoga GPS-sustava, a djelomice i ruskoga navigacijskog sustava GLONASS.

Namjerno smo tom području knjige uvaženih autora poklonili posebnu pozornost, ne samo zbog zanimljivoga stručnog prikaza izuzetnog razvoja mjerne tehnike u posljednjem desetljeću, već kako bismo istakli opseg i značaj razvoja mjernih meto- da i instrumenata posebno bliskog područja u kojem geodetski inženjeri-informa- tičari moraju naći svoje mjesto. U protivnom slučaju i na tom vrlo značajnom po- dručju ulogu će preuzeti drugi. Umjesto svakoga komentara neka čitatelj pažljivo pročita odličan članak uvaženih profesora Geodetskog fakulteta N. Frančule i M. Lapainea: "Budućnost geodezije", Geodetski list 2002/1.

3. Razmišljanje za kraj

Autori svjetskog udžbenika mjernih instrumenata i mjerne tehnike pokazali su nam svu širinu ovog područja geodetske djelatnosti uz nagli razvitak novih konstrukcija i novih tehnologija, posebno na području 3D-koordinata. To su: mjerni sustavi za određivanje koordinata opažanjem satelita (GPS) i mjerni sustavi za određivanje koordinata u bliskom području s odgovarajućom računalnom tehnikom i programskom podrškom. Paralelno se razvija i nova stručna terminologija, koju su i autori djelomice uveli. Nema više klasične triangulacije i trilateracije kao osnove svih geodetskih mjerenja, teodolit, nivelir i daljinomjer nisu više jedini osnovni instrumenti izmjere, gdje su geodeti bili suvereni stručnjaci. U toj raznovrsnosti mjerne tehnike i novih mjernih uređaja pojavljuju se konkurencije drugih struka. No ipak, mjerenje nije samo tehnika mjerenja, već složeni proces koji ima tri osnovne faze. To su:

- projektiranje uz izbor metoda i postupaka matematičkog modela, organizacija mjerenja uz izbor sustava mjernih instrumenata i pribora, posebno s obzirom na zahtijevanu točnost, programska podrška,
- tehničko izvođenje mjerenja,
- obradba rezultata s iskazom mjeriteljske informacije u obliku konačnih mjernih vrijednosti i njihove mjerne nesigurnosti.

Upravo u prvoj i trećoj fazi geodetski stručnjaci svojom specifičnom izobrazbom i znanjem moraju imati odlučujuću prednost u značajnom području mjeriteljske informatike od geodetskih mjerenja do mjerenja u industriji, posebno pri određivanju prostornog položaja i međusobnog odnosa objekata i elemenata kao i njihovih promjena.

S obzirom na sadašnjost i budućnost mjerne tehnike u širokom području primjene, neshvatljivo je da u nastavnom planu Geodetskog fakulteta nema nastavnoga kolegija mjerni instrumenti, a metrologije-mjeriteljstva ili mjeroslovlja, kao ni znanosti o mjerenju, ni kao izbornog predmeta u višim semestrima studija. Jer, nastavni su planovi zrcalo studija, oni daju osnovnu informaciju o studiju i u osnovi pokazuju stručnu osposobljenost budućeg inženjera. Po svojoj tradiciji, a prema suvremenom razvoju znanosti i tehnologije Geodetski fakultet treba biti, po svome temeljnome nastavnom sadržaju i za perspektivu buduće djelatnosti inženjera, fakultet geoinformatike i mjeriteljstva.

Posljedice snažnog razvoja novih tehnologija zahvatile su mnogobrojne struke, i ne samo tehničke. Tako je npr. na 53. godišnjem kongresu znanstvene udruge očne optike i optometrije rečeno: "Živimo u sredini jedne revolucije kada sve struke doživljavaju značajne promjene. Mi moramo biti značajno fleksibilniji i sposobni za promjene" (Deutsche Optiker Zeitung, 4/2002).

Poučno i za nas.

Literatura

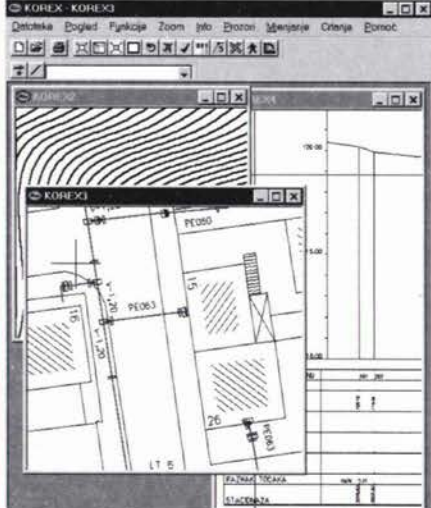
- Deumlich, F., Staiger, R. (2002): *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik*, Herbert Wichmann, Heidelberg.
- Frančula, N., Lapaine, M. (2002): *Budućnost geodezije*, Geodetski list, 1, 19-32.


Development of New Technologies and Measuring Techniques

ABSTRACT. This paper presents the overview of new technologies and measuring techniques in the form of reviews and comments referring to the new edition of a very important world publication titled "Familiarity with Instruments of Measuring Technique" by Professor Fritz Deumlich and Rudolf Staiger.

Keywords: new technologies, measuring technique.

Prihvaćeno: 2003-3-13





KORA 2000

Obrada geodetskih podataka

- Unos mjerenih podataka preko tastature ili iz totalne stanice
- Računanje poligonskog viaka, polara, ortogonala i nivelmana
- Računanje površine
- Ispisi formulara navedenih računanja
- Automatska raspodjela na planove i izrada standardnog opisa
- Transformacije
- Digitalizacija geodetskih planova digitalizatorom ili skeniranjem
- Crtanje: linije, simboli, tekstovi, krivulje, šrafure, padnice...
- Generiranje opisa vodova: šifre, visine, dubine, frontovi, ulice
- Generiranje uzdužnog i poprečnog profila
- Generiranje slojnica
- Crtanje na printerima i ploterima podržanim od W95 ili noviji
- Automatska izrada mreže prilikom crtanja
- GIS u kombinaciji sa podacima iz relacijskih baza.
- Priprema ulaza za GIS sustave
- Uvoz i izvoz crteža u DXF formatu

KOS Software
 Voćarska 16, Šenkovec
 tel: 01 3395 644, e-mail: kos@zg.tel.hr

	000	1,21,2,33	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NGNGP1021	167°53'52"	902,567	-444,486	0,047	443,919	0,054	6 451 104,947	5 013 350,629	443,973
NGNGP1020	282°36'29"								

$f = 0^{\circ}00'13''$ ($\Delta = 0^{\circ}01'25''$) $f_y = 0,047$ $f_x = 0,054$ $f_d = 0,071$
 Uzdužna pogreška $\Delta = 0,005$ ($\Delta \Delta = 0,351$) Poprečna pogreška $w = 0,071$ ($\Delta w = 0,138$)
 RELATIVNA TOČNOST 1: 12656 (1:8000 prema pravilniku GEODETSKE UPRAVE) GLAVNI VLAK

