

UDK 528"71":001.18
Pregledni znanstveni članak

Budućnost geodezije

Nedjeljko FRANČULA, Miljenko LAPAINE – Zagreb*

SAŽETAK. Opisane su promjene koje su se dogodile u geodeziji u posljednjih četrdeset godina, a vezane su uz razvoj elektroničke, satelitske i računalne tehnologije. Navedeni su primjeri promjena naziva geodetskih udruga, časopisa, geodetskih učilišta pa i cijele struke. Analiziran je suvremeni razvoj matematičko-fizikalne i satelitske geodezije, praktične i inženjerske geodezije, fotogrametrije i daljinskih istraživanja, kartografije te geoinformacijske tehnologije. Navedena su različita mišljenja o budućnosti geodezije i na kraju su dane smjernice u školovanju geodeta.

Ključne riječi: geodezija, školovanje geodeta, budućnost.

1. Uvod

Promjene koje su se dogodile u geodeziji u posljednjih četrdeset godina, a posebno u posljednjem desetljeću, mogu se bez pretjerivanja nazvati revolucionarnima. Vezane su uz razvoj elektroničke, satelitske i računalne tehnologije. Promjene su tako važne i velike da izazivaju i promjene naziva geodetskih udruga, časopisa, ali i geodetskih učilišta pa i cijele struke.

Najprije u Kanadi, potom u Australiji, a zatim i u Europi uvodi se umjesto geodezije (engleski *geodesy* i *surveying*) ponegdje naziv geomatika (*geomatics*). *Geomatika* je suvremeni znanstveni naziv za integrirani pristup prikupljanju, analizi, upravljanju i prikazu prostornih podataka. Pojava geomatike znači integraciju matematičko-fizikalne geodezije s fotogrametrijom, daljinskim istraživanjima, kartografijom, geografskim i zemljišnim informacijskim sustavima te multimedijском komunikacijom. S razvojem informacijskih, prostornih i računalnih znanosti klasična se geodezija pretvara od analogne u digitalnu, od statičke u dinamičku i kinematičku, prelazi od naknadne obrade podataka na obradu u stvarnome vremenu, od lokalnog pristupa na globalni (Li 1998).

Za geomatiku često se kao sinonim upotrebljava termin geoinformatika (engleski *geoinformatics*). Hobbie (1998) ističe da se geodetski inženjer pretvara u geoinfor-

*Prof. dr. sc. Nedjeljko Frančula, prof. dr. sc. Miljenko Lapaine, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb.

matičara (*Vermessungsingenieur zum Geoinformatiker*). Mnoge terminološke nejasnoće nisu još razjašnjene. Nazivi kao *Geoinformation science*, *Geographic information science*, *Geomatic engineering* i dr. često su definirani na isti način kao *Geoinformatics*, a s druge strane postoje razlike u definicijama koje se daju za *Geoinformatics* ili *Geomatics*.

Navest ćemo i neke konkretne primjere promjena naziva. Jedan od najstarijih geodetskih časopisa na svijetu, austrijski *Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie* promijenio je 1994. naziv u *Zeitschrift für Vermessungswesen und Geoinformation*. Sličan naziv nosi danas i njihovo geodetsko društvo. Američki časopis *Surveying and Mapping* promijenio je 1990. naziv u *Surveying and Land Information Systems*, a časopis *The American Cartographer* u *Cartography and Geographic Information Systems*. Taj potonji promijenio je 1999. naziv u *Cartography and Geographic Information Science*. Časopis *ITC Journal* izlazi od 1999. pod novim nazivom *The International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*.

Glasilo Kanadskog instituta za geodeziju i kartografiju, časopis *CISM Journal ACSGC* (prije toga *The Canadian Surveyor*) u 47. godini izlaza promijenio je 1993. naziv u *Geomatica*. *Canadian Institute for Surveying and Mapping* također mijenja ime u *Canadian Institute of Geomatics* (URL 1).

Surveying School (*The University of New South Wales*) promijenila je 1992. naziv u *School of Geomatic Engineering* (GIM Interviews 1997b).

Studij geodezije pod nazivom *Surveying Program* postoji na Ohio State University (SAD) od 1952. godine. Sredinom 1990-ih pojavili su se problemi u vezi s tim studijem. Program je zastario, a broj se studenata smanjio, jer je percepcija studija u javnosti bila negativna. Stoga je odlučeno da se temeljito reformira program i promijeni ime. Od akademske godine 1998/99. novo ime studija je *Geomatics Engineering* (Hazelton 2000).

Na Visokoj tehničkoj školi u Zürichu (*ETH Zürich*) na studiju geodezije i kulturne tehnike uvedeno je početkom 1998. usmjerenje geomatika (*Studiengang Geomatik*). Pritom se geomatika definira kao znanost o prikupljanju, upravljanju, modeliranju, analizi i prikazu prostornih podataka i procesa s posebnim naglaskom na probleme vezane uz prostorno planiranje, upotrebu i unapređenje zemljišta i zaštitu okoliša. Nakon završetka studija polaznik stječe stručni naziv geomatički inženjer (*Geomatikingenieur/in*) (Grün 1998a, 1998b).

U kojoj se mjeri nazivom geomatika zamjenjuje u Švicarskoj naziv geodezija, svjedoči podatak da će se 100. obljetnica švicarskog Saveza za geodeziju i kulturnu tehniku slaviti 2002. godine pod nazivom *100 Jahre Geomatik Schweiz* (Glatthard 2001). Web-stranice tog saveza (URL 3) imaju naslov *Geomatik (Vermessung und Kulturtechnik) Schweiz*.

Na Visokoj tehničkoj školi u Bochumu uz usmjerenje Geodezija (*Studiengang Vermessungswesen*) uvodi se od zimskog semestra 2001/2002. novo usmjerenje Geoinformatika (*Studiengang Geoinformatik*) (Lohmar, Rocholl 2001).

Fakultet u Delftu promijenio je ime, u prijevodu na engleski, iz *Faculty of Geodesy* u *Faculty of Civil Engineering and Geoinformatics*. *Institut für Kartographie und Topographie* Sveučilišta u Bonnu osnovan 1965. mijenja 1999. ime u *Institut für Kartographie und Geoinformation*. *Institut für Kartographie und Reproduktions-*

technik Tehničkog sveučilišta u Beču mijenja 2001. ime u *Institut für Kartographie und Geo-Medientechnik*.

I na Geodetskom fakultetu u Zagrebu prilikom izrade novoga nastavnog plana i programa 1994. godine bilo je prijedloga o promjeni imena Fakulteta. Ti prijedlozi nisu tada prihvaćeni. Prvi korak učinjen je 2001., kada je *Zavod za višu geodeziju* promijenio ime u *Zavod za geomatiku*.

Koliko se pojam geomatika naglo i brzo širi svjedoči i podatak da u kazalu pojmova zbornika radova kongresa Međunarodnoga društva za fotogrametriju i daljinska istraživanja (ISPRS) održanoga 1992. u Washingtonu nema pojma geomatika, dok se taj pojam pojavljuje 27 puta u zborniku sljedećega kongresa, održanoga 1996. u Beču (Kraus 1997).

Sve navedene promjene potaknule su i izdavanje novih časopisa. Časopis *International Journal of Geographic Information Systems* počeo je izlaziti 1987., a 1997. mijenja ime u *International Journal of Geographic Information Science*. GIM (*Geodetical Info Magazine*) s podnaslovom *International Journal for Surveying, Mapping and Applied GIS* počeo je izlaziti također 1987. godine. U jednoj godini izlazi 12 brojeva. U 1997. promijenjeno je značenje slova G u nazivu časopisa koji sada glasi *Geomatics Info Magazine*. Časopis GIS (Geo-Information-Systeme), izdavač Herbert Wichmann, počeo je izlaziti 1988. *GIS Europe* počeo je izlaziti u veljači 1992. i 1999. u osmoj godini izlaženja promijenio je ime u *GEOEurope*. Novi naziv proširuje područje kojim se časopis bavi i bolje odgovara golemim promjenama koje su se dogodile. Kada se danas piše o GIS-u treba uzeti u obzir i GPS, daljinska istraživanja, ortofoto, CAD i ostale srodne tehnologije (Hughes 1999). Glasilo Njemačkoga društva za fotogrametriju i daljinska istraživanja počelo je 1997. izlaziti kao novi časopis, dvomjesečnik, pod naslovom *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation*. U 1998. godini počeo je izlaziti časopis *GeoInformatics*, s podnaslovom *Magazine for Geo-IT Professionals in Europe*. Izlazi osam brojeva u jednoj godini.

2. Suvremeni razvoj geodezije

Promjene koje su se dogodile u geodeziji podjednako su utjecale na sve glavne grane geodezije: matematičko-fizikalnu, praktičnu i inženjersku geodeziju, fotogrametriju i kartografiju. Geoinformacijski sustavi (GIS) i CAD-sustavi našli su primjenu u svim područjima geodezije (Witte 1998).

2.1. Matematičko-fizikalna i satelitska geodezija

Na području matematičko-fizikalne geodezije najvažnije promjene vezane su uz razvoj satelitske geodezije, koji je počeo lansiranjem prvoga umjetnoga Zemljina satelita 1957. godine. Prvi je rezultat bilo saznanje da spljoštenost Zemlje ne iznosi $1/297$, kako se do tada općenito smatralo, već $1/298,25$ (Moritz 1991). Najveće je postignuće na tom području uspostava Globalnog sustava za određivanje položaja (Global Positioning System – GPS), koji je u prvom redu razvijen za potrebe američke vojske. Danas se u orbitama nalazi 27 satelita koji omogućuju određivanje koordinata i visina točaka bilo gdje na Zemljinoj površini ili u njezinoj blizini (Bačić, Ba-

šić 1999). GPS, razvijen izvan geodezije, postupno umanjuje važnost čak i nekih temeljnih načela u geodeziji, npr. načelo iz "velikog u malo". To je bilo jedno od temeljnih načela pri uspostavi mreža stalnih geodetskih točaka. Npr. pri razvoju trigonometrijske mreže prvo se razvija mreža prvoga reda na velikim udaljenostima, a zatim se razvijaju mreže nižih redova na manjim udaljenostima. Određivanje položaja i visina bilo koje točke na Zemljinoj površini bilo je prije uspostave GPS-a samo u geodetskoj domeni. Da bi se odredile koordinate i visine točaka trebalo je raspolagati podacima o mrežama stalnih geodetskih točaka (trigonometrijska i nivelmanska mreža), geodetskim instrumentima teodolitom, daljinomjerom i niveliranjem izmjeriti kutove, duljine i visinske razlike i nakon složene računske obrade doći do koordinata i visina. GPS je iz temelja promijenio taj postupak u kojem, pojednostavljeno govoreći, za manje točnosti nisu nužne ni geodetske mreže ni geodetski instrumenti, a postupak određivanja točaka dostupan je svakomu (Ackermann 1998). Efikasnost je GPS-a takva da područje relativno visoke točnosti može opsluživati mala skupina specijalista. Kada bi se geodetska struka ograničila samo na to područje, to bi značilo njezin neizbježan pad. Ako pak struka želi imati vodeću ulogu u primjeni tehnologije GPS-a, tada treba imati i vodeću ulogu u promociji širokog spektra različitih tehnoloških konfiguracija, primjena i točnosti (Trinder 1997).

Uspostavom permanentnih GPS-stanica na području jedne države smanjuje se važnost postojeće trigonometrijske i poligonske mreže. Npr. u njemačkoj saveznoj državi Sacshen-Anhalt uspostavljena je već prije nekoliko godina mreža permanentnih GPS-stanica na razmaku 30–50 km. Stoga je Zemaljska geodetska uprava (Landesvermessungsbehörde) obustavila sve radove na održavanju postojeće trigonometrijske mreže (8500 točaka) i poligonske mreže (više od 30 000 točaka). Sva daljnja briga o tim točkama prelazi u djelokrug katastarskih ureda (Kummer 2001).

Razvoj satelitske geodezije u posljednjih trideset godina omogućio je i geodetima rješavanje nekih potpuno novih zadataka. Uz pomoć satelitske trigonometrijske mreže povezani su svi kontinenti u jedinstveni koordinatni sustav, što s klasičnom geodezijom nije bilo praktično moguće (Solarić 2001). S velikim povećanjem točnosti koje je omogućila satelitska tehnologija, znatno većom od 10^{-6} , postala je zamjetljiva i vremenska komponenta geodetskih podataka. Geodinamički procesi poput pomicanja tektonskih ploča, nepravilnosti u Zemljinoj rotaciji i Zemljini plimni valovi postaju mjerljivi s pomoću radiodugobazisnih interferometara (VLBI), lasera (SLR) i GPS-a. Geodeti time dobivaju podatke dragocjene za druge geoznanosti, posebno geofiziku. Ali i geodezija treba geodinamičke modele kao oslone modele za vlastita istraživanja. Tako dolazi do uske suradnje između geodezije i geofizike (Moritz 1991).

2.2. Praktična i inženjerska geodezija

U praktičnoj i inženjerskoj geodeziji uspostava permanentnih GPS-stanica izazvat će bitne promjene čak i u detaljnoj izmjeri i iskolčenju (Witte 1998). Gotovo isključivo primjenjuju se elektronički tahimetri (totalne stanice) i GPS-prijamnici. S tim u vezi neki su postupci djelomično izgubili na važnosti, npr. presjek nazad, pa čak i poligonski vlak (Hobbie 1998). S druge je strane veliki dobitak inženjerske geodezije (uključujući terestričku fotogrametriju) sve veća primjena novih kinematičkih

metoda mjerenja GPS-om (Ackermann 1998). Po ocjeni Brookea (1998) temeljna je razlika između terenskih radova pri klasičnoj i radova pri GPS-izmjeri u mogućnosti da s GPS-prijamnikom samo jedan stručnjak obavi sve operacije na terenu. Terenska računala (*penpad*) u obliku ravne ploče na kojoj je tanki zaslon (*touchscreen*), a korisnik s pomoću obične ili specijalne olovke ili s pomoću prsta dodiruje zaslon i komunicira s računalom, izbacuju iz terenskog geodetskog pribora tuš i pero za crtanje skica (Solarić i dr. 1998). Tom metodom oko 500 geodeta Ordnance Surveya (Velika Britanija) osuvremenjuje karte mjerila 1:1250, 1:2500 i 1:10 000 te su ih od 1970. do danas ukupno 230 000 preveli u digitalni oblik (Theobald, Logan 1998).

2.3. Fotogrametrija i daljinska istraživanja

Fotogrametrija je u posljednjih dvadeset godina prošla put od analogne, preko analitičke do digitalne. U analitičkoj fotogrametriji klasični analogni stereofotogrametrijski instrumenti zamjenjuju se stereokomparatorima (mjere slikovne koordinate) i računalima koja omogućuju zapis podataka u digitalnom obliku. U digitalnoj fotogrametriji smanjuje se potreba za specifičnim fotogrametrijskim instrumentima, jer njihovu ulogu preuzima računalo uz odgovarajući softver. Na takvim sustavima aerotriangulacija, izrada digitalnih modela reljefa i ortofota mogu se danas izvoditi automatski (Lemmens 1998). Razvijen je i softver za automatsku izmjeru nemjernih (amaterskih) snimaka fasada zgrada (Wang 1998). Uz fotogrametrijske metode izmjere sve veću važnost dobiva metoda daljinskih istraživanja (*remote sensing*), u užem smislu prikupljanje informacija o Zemljinoj površini s uređajima za snimanje smještenima u satelitima i interpretacija tako dobivenih informacija. Veličina piksela satelitskih snimaka smanjila se od 80 m u 1972. na 1 m u 1999. Zbivanja u fotogrametriji u posljednjih trideset godina slikovito je opisao Konecny (1998). Fotogrametri su u 1960-ima govorili o "velikoj slici" (*big picture*) pokušavajući integrirati fotogrametriju i daljinska istraživanja. Danas moramo govoriti o "velikoj viziji" (*big vision*) nastojeći integrirati fotogrametriju i daljinska istraživanja u geoinformatiku.

Široki spektar različitih tehnologija poznat pod nazivom inteligentni transportni sustavi (Intelligent Transportation Systems – ITS) daje odgovore na mnoge probleme u transportu. Uključivanje suvremenih tehnologija (obrada informacija, komunikacije, elektronika) u ITS spašava živote, štedi vrijeme i novac. Predviđa se da će se u ITS do 2011. godine uložiti 209 milijardi dolara. Mobilni sustavi izmjere i kartografiranja (Mobile Mapping Systems – MMS) sastavni su dio ITS-a. Sastoje se od više (npr. osam) digitalnih kamera i GPS-a smještenih na vozilu i omogućuju 3D-izmjeru cesta i objekata uz ceste. MMS će znatno ubrzati i pojeftiniti izradu i održavanje baza podataka GIS-a u ITS-u (Tao, El-Sheimy 2000, URL 2).

2.4. Kartografija

Najvažnije promjene u kartografiji vezane su uz razvoj računalne tehnologije, koja postupno potiskuje fotomehaničke postupke u izradi karata. U najpoznatijem američkom udžbeniku opće kartografije obrađeni su samo digitalni postupci, a fotomehanički su stavljeni u jedan od dodataka. Autori (Robinson i dr. 1995) ističu da u školovanju kartografa naglasak mora biti na digitalnim metodama, a fotomehani-

čki postupci stavljeni su u dodatak, jer još uvijek, pa i u SAD-u, nisu potpuno potisnuti iz primjene.

Poznata međunarodna obrazovna institucija na području geodezije, fotogrametrije, kartografije i srodnih znanosti, ITC u Enschedeu (Nizozemska), otpisala je prilikom preseljenja u novu zgradu, u ljeto 1996., svu opremu za analognu izradu karata, uključujući reproduksijsku opremu i tiskarski stroj. U reorganizaciji 1990. osnovali su, umjesto postojećih, tri nova odjela, od kojih je jedan za geoinformatiku. Svi novi geoinformatički nastavni predmeti bave se oblikovanjem, izradom i održavanjem digitalnih prostornih baza podataka. U svima njima kartografija ima važnu ulogu vizualizacije sadržaja tih baza, uključujući izradu karata na papiru. Prema tome, u novim geoinformatičkim predmetima na ITC-u uloga kartografije jednako je važna kao i prije, samo je promijenila oblik (Brown i dr. 1997).

Utjecaj Interneta i World Wide Weba na kartografiju je golem. Web nema konkurencije u sposobnosti da veliku količinu informacija pruži mnogim korisnicima po minimalnim cijenama. Troškovi održavanja poslužitelja i veze s Internetom minimalni su u odnosu na cijene izrade i distribucije CD-ROM-ova. Osuvremenjivanje je brzo i jeftino. Atlasi na CD-ROM-u kao i tiskani atlasi brzo zastarijevaju, dok atlasi na webu mogu uvijek biti dostupni korisnicima u najaktualnijem stanju (Köbben 1996).

Kada se govori o kartografiji i Internetu treba spomenuti i pristup Internetu preko mobitela. Upotreba Interneta preko mobitela sigurno će biti usmjerena na najnovije vijesti, vrijeme i sport. Najvjerojatnije će se i karte često prikazivati na malim ekranima mobitela. Pritom će glavni izazov biti uspostava WAP specifičnoga kartografskog poslužitelja, koji će nuditi karte u formatu prikladnom za male ekrane mobitela (Peterson 2000). Takva vrsta pružanja usluga korisnicima naziva se u engleskom jeziku *location-based services* a u hrvatskom prijevodu položajno vezane usluge (Hoyde 2001; Wunderlich 2001).

Kartografiranje kibernetičkog prostora (*mapping cyberspace*) novi je veliki izazov za kartografe. Postoje mnoge definicije kibernetičkog prostora (URL 6). Jiang i Ormeling (1997) definiraju ga kao virtualni prostor što ga tvore globalne računalne mreže povezujući ljude, računala i dokumente na cijelome svijetu tvoreći prostor kojim se možemo kretati. Treba dakle naći načine da se kartografiraju prostori koji nisu u skladu s dva temeljna svojstva geografske vizualizacije: (1) prostor je kontinuiran i uređen i (2) karta nije područje već njegov prikaz. Kibernetički prostor može biti diskontinuiran i organiziran na nelinearni način i u mnogo slučajeva prostori su ujedno i vlastite karte (Dodge, Kitchin 2001, str. 70).

Koliko su promjene u kartografiji velike svjedoči i potreba da se redefinira pojam karte. Ako korisnik ne može kontrolirati proces izrade karte, onda to nije karta. Ako nema mogućnosti interakcije, to također nije karta. Karta nije ni prikaz koji ne omogućuje animaciju. Ono što mi danas nazivamo kartom to su samo statički elementi karte (Peterson 1999; Frančula 2001).

2.5. Geoinformacijska tehnologija

Geodezija ima sve važniju ulogu na području geoinformacijskih sustava (GIS) (Štefanović i dr. 1998). Geoinformacijski sustavi trebaju mnogima: državnoj upravi, prostornom planiranju, rudarstvu, energetici (električna energija, plin, nafta, vo-

da), zaštiti okoliša, poljoprivredi i šumarstvu, cestovnom, željezničkom, riječnom, pomorskom i zrakoplovnom prometu, meteorologiji, geologiji, proizvođačima hardvera i softvera, geodetima i drugima. U Njemačkoj geodeti imaju na tom području vrlo važnu, ako ne i glavnu ulogu. To su postigli uspostavom baza podataka na području katastra, zemljišne knjige i topografskih karata. Na tom se području u Njemačkoj radi na dva velika prostorna informacijska sustava. ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) službeni je topografsko-kartografski informacijski sustav Republike Njemačke. ALKIS (Automatisiertes Liegenschaftskataster-Informationssystem) nastaje ujedinjavanjem dvaju sustava koji su se do sada odvojeno bavili automatizacijom katastarskih planova (ALK) i automatizacijom zemljišne knjige (ALB). Time su stvorene službene osnove za sve druge zemljišne i geografske informacijske sustave (Hawerk 1997; Bill, Schmidt 2000). Kako bi geodeti imali veću ulogu na području GIS-a, moraju raspolagati i znanjima iz digitalne obrade slika, iz navigacije, geoinformacijskih sustava i daljinskih istraživanja (Bill, Fritsch 1994).

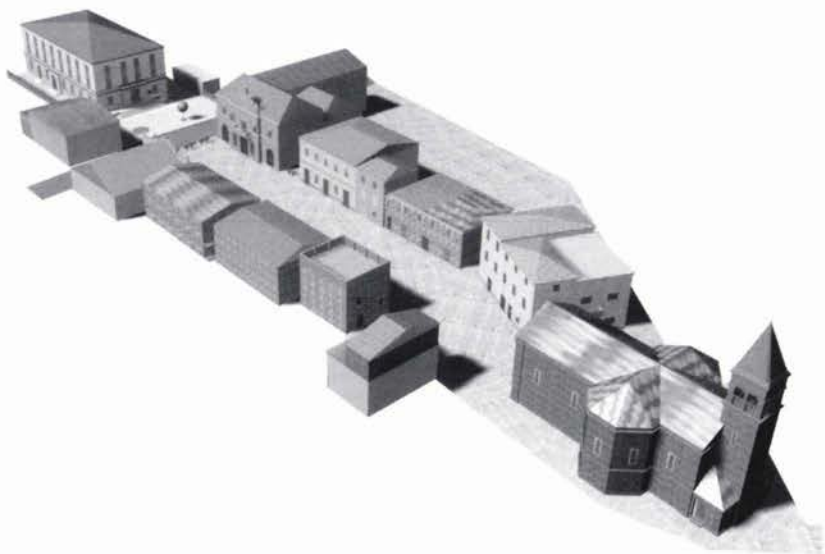
Web-GIS je relativno novi pojam. Označava primjenu tehnologije Interneta s njegovim normama u prijenosu i prikazu podataka u GIS-u. Korisnost određenog projekta GIS-a znatno će se povećati ako veći broj korisnika ima jednostavan pristup podacima GIS-a pri čemu se ti podaci mogu spajati s podacima iz drugih sustava, analizirati i prikazivati. U tu svrhu ujedinile su se praktično sve tvrtke prisutne na tržištu GIS-a i osnovala OpenGIS-Consortium (OGC) (Kurzwehnhart 1999).

Članice OGC-a nedavno su predložile i prikazale značajno otvoreno sučelje koje bi moglo izazvati revoluciju u upotrebi geoprostornih informacija na webu (URL 4). Radi se o rezultatu projekta o mogućnosti zajedničkog rada više različitih sustava ili uređaja na mreži pod nazivom Testiranje kartografije na webu (Interoperability program *Web Mapping Testsbed* – WMT). Činjenica je da tisuće web-stranica sadrže slikovne prikaze ili karte Zemlje, ali ne funkcioniraju zajedno. Zamislimo upotrebu pretraživala za web koje ima bezgraničan pristup i kojim se može pregledavati i istraživati velik, šarolik i široko distribuiran sadržaj geoprostornih podataka. To je cilj projekta WMT OGC-a. Dugo vremena izolirane za primjene na stolnim računalima ili uredskim poslužiteljima (serverima), geoprostorne tehnologije danas se transformiraju kako bi bile što bolje prilagođene webu. Geoosposobljene (Geo-enabled) usluge na webu uskoro će integrirati prostor i vrijeme pri odlučivanju, učenju i istraživanjima. Te će usluge davati više od samih karata, ali karte će biti važan početak. Projekt WMT temelji se na polaznoj definiciji karte kao filtriranog podskupa geoprostornih podataka u skladu s položajem, mjerilom i namjenom, a prikazanoga kartografskim znakovima. Prema Willcoxu (1999), rezultat će se pokazati bitnim pri distribuciji karata izabranog i bogatog sadržaja. Prema prijedlogu OGC-a, sadržaj pojedine karte može, teoretski, biti neograničen. Štoviše, podaci se mogu prikupljati iz izvora različitih tehnologija i ujedinjavati u istu kartu prema korisnikovim potrebama. Internet je kartografska baza podataka. To je presudna pretpostavka jer omogućuje korisnicima da bez specijalnog softvera lako nađu i kombiniraju različite slojeve karte jednog te istog geografskog područja, bez obzira na vlasničke razlike u spremljenim podacima, analizama i prikazima.

Izrada detaljnih trodimenzionalnih prikaza krajolika, posebno gradova, još je jedan novi izazov za geodete. Takve trodimenzionalne modele u sve većem opsegu zahtijevaju mnoge discipline, npr. regionalno i urbano planiranje, telekomunikacije, osi-

guravajuća društva, zaštita okoliša i spomenika kulture, turistička industrija i mnogi drugi. Geodetski instituti i tvrtke širom svijeta predlažu vlastita rješenja. Bartel i Bill (1997) izvještavaju o zajedničkom projektu Geodetskoga instituta Sveučilišta u Rostocku i Urbanističkoga instituta Sveučilišta u Stuttgartu na izradi trodimenzionalnoga GIS-a za potrebe urbanističkoga planiranja. Kofler i Gruber (1998) razmatraju upravljanje i vizualizaciju velike količine podataka u izradi trodimenzionalnih modela gradova. Na ETH Zürich razvijen je u tu svrhu softver CyberCity Modeler (Grün i dr. 1998). Advanced Technology Ltd. (1998) razvio je tehnologiju izrade trodimenzionalnih prikaza gradova po prihvatljivim cijenama. U Nizozemskoj, gdje su i male visinske razlike vrlo važne, izrađuje se detaljan visinski model cijele države (jedna točka u kvadratu 4×4 m) metodom laserske altimetrije iz zrakoplova uz primjenu GPS-a u zrakoplovu i na zemljištu (Wouters, Bollweg 1998).

Studenti Geodetskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na usmjerenju Inženjerska geodezija i upravljanje prostornim informacijama izvršili su 3D-izmjeru i vizualizaciju središta Opuzena na studentskoj praksi u ljetu 2000. (Ročić i dr. 2001) (sl. 1).



Slika 1. Trg u Opuzenu.

Posljednjih godina još jedan trend postaje uočljiv. Računalna znanost, koja je prije bila zainteresirana ponajprije za predmete usko vezane uz tu disciplinu, ima s tematikom (područjem koje ujedinjuje suvremene informacijske i telekomunikacijske tehnologije), sve važniju ulogu u geoinformacijskoj tehnologiji. To potvrđuje i činjenica da na konferenciji o teoriji prostornih informacija (COSIT) i na simpoziju o velikim prostornim bazama podataka (SSD) većina priloga dolazi iz odjela za računalne znanosti. U prijašnjim godinama autori većine priloga bili su geodeti i ostali geoznanstvenici. Uočljiva je i uža međusobna suradnja između disciplina koje su

prije djelovale kao samostalne skupine. Timski rad između disciplina koje se bave prikupljanjem, upravljanjem, prikazom i širenjem prostornih informacija postaje neizbježan (Kainz 1997).

Kada je riječ o telematici, treba spomenuti i novu disciplinu nazvanu *Telegeoprocessing*, dakle obrada prostornih informacija na daljinu. To je disciplina koja se bavi osuvremenjivanjem prostornih baza podataka u stvarnom vremenu s pomoću telekomunikacijskih sustava da bi omogućila donošenje odluka u izravnoj komunikaciji s računalom. U srpnju 2002. održat će se već treći međunarodni simpozij o toj problematici pod nazivom *Telego'2002* (URL 5).

3. Budućnost geodezije

Na pragu 21. stoljeća geodeti moraju sve više surađivati sa stručnjacima drugih struka, ali su izloženi i sve većoj konkurenciji strukovnih susjeda. Zahvaljujući efikasnim instrumentima, od ručnoga laserskog daljinomjera do satelitske mjerne tehnike i uz pomoć računarsko-komunikacijske tehnologije, otvaraju se stručnjacima srodnih struka perspektive i izazovi uključivanja u neke poslove, do nedavno isključivo geodetske. To je proces koji se ne može zaustaviti. Dio je svakodnevice, tj. postalo je normalno da neke od klasičnih geodetskih zadataka danas obavljaju stručnjaci srodnih struka (Hartermann 1999).

Mišljenja stručnjaka o budućnosti geodezije razlikuju se. Robert Kroon, ravnatelj poduzeća Geodelta BV, tvrdi da je geodezija na kraju svog životnoga ciklusa, uključujući klasičnu fotogrametriju (*The geodetic trajectory is at the end of its life cycle; including classic photogrammetry*). Međutim, i on smatra da je geodetska i fotogrametrijska budućnost u rukama onih stručnjaka koji će moći opskrbiti odgovarajućim aktualnim prostornim informacijama specifičnu skupinu korisnika izvan granica klasične kartografije i da će se taj iskorak pretvoriti u zlatni rudnik (GIM Interviews 1997a).

Joc Triglav, ravnatelj katastra u Murskoj Soboti, stalni kolumnist časopisa *Geoinformatics*, a od 2001. i glavni urednik toga časopisa, piše da smo vrlo blizu sumraku klasične geodezije i geodetske profesije (*quite close to the sunset era of traditional surveying and geodesy profession*). Smatra da tradicionalni geodet može zaboraviti mnoge svoje specifične vještine i znanja, jer je nova tehnologija ugradila veliki dio tih znanja u strojno-programsku opremu. Na kraju se Joc Triglav pita što to znači za budućnost geodetske profesije i za budućnost naših fakulteta? Po njegovu mišljenju to znači kompletnu preorijentaciju na stjecanje novih znanja iz geoinformatike ili brzu marginalizaciju naše struke (Triglav 1999).

Joc Triglav se ponovno nakon dvije godine osvrće na budućnost naše profesije. S ponosom ističe da pripada profesiji koja mjeri udaljenosti u prostoru od ispod milimetarskih pa do udaljenosti koje se protežu preko kontinenta i oceana do granica našeg svemira. Nitko nam nije ni blizu u toj vještini. Ali, naglašava Triglav, moramo postati svjesni te naše snage te postići da i drugi postanu toga svjesni (Triglav 2001).

Prof. Hans Sünkel s Tehničkog sveučilišta u Grazu vrlo dramatičnim riječima opisuje situaciju u kojoj su se našli geodeti. Smatra da imamo samo dvije mogućnosti.

Ili ćemo požderati druge ili ćemo biti progutani (*entweder wir fressen andere oder wir werden selbst geschluckt*) (Sünkel 2000).

Prof. Deren Li s Tehničkog sveučilišta za geodeziju i kartografiju u Wuhanu (Kina) smatra da je budućnost geodezije u informatičkom dobu, bez ikakve sumnje, upravo briljantna (Li 1998). Njegovo mišljenje dijele i nastavnici na Odjelu za geomatiku Sveučilišta u Calgaryju. Geomatika je odjel na Faculty of Engineering. Na taj se fakultet godišnje upisuje 600 studenata. Odjel za geomatiku natječe se s Odjelom za elektroniku u privlačenju najboljih studenata (Booth 2000).

4. Školovanje geodeta

Budući da je geodezija usko vezana uz razvoj satelitske i digitalne tehnologije, u školovanju geodetskih inženjera naglasak treba biti, kao i do sada, na temeljnim znanjima iz matematike, fizike, informatike i geodezije. Međutim, ta znanja nisu dovoljna za svijet koji se mijenja. "Sveučilišta sve više ističu znanstveno i tehnološko školovanje kao odgovor na potražnju za specijalistima koji poznaju najnovije tehnologije i koji su sposobni upravljati sve složenijim sustavima. Budući da nema razloga pomisliti da će doći do obrata toga trenda, sveučilišta moraju stalno prilagođavati specijalizirane kolegije potrebama društva" (Delors 1998, str. 150). Iz nastavnih planova i programa treba izostaviti sve što se više ne primjenjuje u praksi. Posebnu važnost treba dati novim mogućnostima vizualizacije podataka geodetske izmjere, digitalnoj obradi slika, daljinskim istraživanjima te osobito geografskim i zemljišnim informacijskim sustavima.

Pregled nastave kartografije i GIS-a na šest američkih sveučilišta pokazuje sličnost značajnih promjena koje su se dogodile u posljednjih petnaest godina. Te promjene uključuju: (1) usku integraciju s nastavom iz GIS-a, (2) gotovo potpuni prijelaz na digitalne metode, (3) smanjenu važnost proceduralnog programiranja (Fortran, Pascal) i sve veću važnost objektno-orijentiranoga programiranja, (4) veći naglasak na dinamičkim aspektima kartografije, uključujući animaciju i multimedijske prikaze. Na svim su američkim sveučilištima, na nekima prije na nekima poslije, iz nastavnih planova i programa izostavljene tradicionalne metode izrade karata, tj. crtanje tušem i perom ili graviranje i postupci u tamnoj komori. Većina tamnih komora demontirana je već u drugoj polovici 1980-ih godina (McMaster 1997).

Kowanda i Helbig (1999) analiziraju trendove u informatici i geoznanostima te njihov utjecaj na kartografiju. Naglašavaju potrebu uže suradnje kartografa s informatičarima, geodetima, prostornim planerima, energetičarima i mnogima drugima, te povećani udio informatike, GIS-a i računalne grafike u izobrazbi kartografa.

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu provedena je reforma nastavnog plana i programa prije sedam godina. Većina ovdje iznesenih spoznaja ugrađena je u taj plan i program pa su i ocjene inozemnih recenzenata bile vrlo pohvalne (Fiedler, Solarić 1996). Trebalo bi što prije analizirati iskustva stečena održavanjem nastave u proteklih šest godina i izvesti nužne izmjene nastavnog plana i programa. Budući da su se nedavno s istim zadacima bavili i na devet njemačkih geodetskih fakulteta, trebalo bi se okoristiti i njihovim iskustvima (Hobbie 1998; Witte 1998; Seckel 1998).

Zahvala

Tekst pod istim naslovom *Budućnost geodezije* objavili smo 1999. u publikaciji Akademije tehničkih znanosti Hrvatske i Hrvatskoga društva za sustave (Frančula, Lapaine 1999). Taj su tekst pročitali i dali nam mnoge korisne primjedbe doc. dr. sc. Željko Bačić, prof. dr. sc. Tomislav Bačić, Jonatan Pleško, dipl. ing., prof. dr. sc. Miodrag Roić, prof. dr. sc. Nikola Solarić i dr. sc. Nada Vučetić, pa im ovom prilikom mnogo zahvaljujemo. Navedeni smo tekst preradili i dopunili većim brojem novih podataka.

Literatura:

- Ackermann, F. (1998): Photogrammetrie im Wandel – Neue Anforderungen an das Hochschulstudium. *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation* 2, 69–79.
- Advanced Technology Ltd.(1998): Digital photogrammetry and GIS in Israel. *GIM* 6, 60–61.
- Bačić, Ž., Bačić, T. (1999): Satelitska geodezija II. Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Bartel, S., Bill, R. (1997): Datenfusion zur Erstellung realitätsnaher 3D-Geo-Informationssysteme für städtebauliche Planungen. *Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung* 4, 129–137.
- Bill, R., Fritsch, D. (1994): Einige Gedanken zur universitären Vermessungsausbildung. *ZfV* 3, 109–113.
- Bill, R., Schmidt, F. (Red.) (2000): ATKIS – Stand und Fortführung. Schriftenreihe des DVW, Band 39, Verlag Konrad Wittwer.
- Booth, S. (2000): Geomatics in Calgary. *GIM* 12, 55–57.
- Brooke C. (1998): Role of GPS in cadastral proces; Necessity to review survey regulations. *GIM* 11, 85–87.
- Brown, A., Elzaker, C., Groot, R., Paresi, Ch. (1997): Cartography courses out, geoinformatics courses in. *Proceedings 18th ICA/ACI International Cartographic Conference, Stockholm, Vol. 2, 1175–1182.*
- Delors, J. (1998): Učenje – blago u nama. Izvješće UNESCO-u Međunarodnog povjerenstva za razvoj obrazovanja za 21. stoljeće, EDUCA, Zagreb.
- Dodge, M., Kitchin, R. (2001): *Mapping Cyberspace*. Routledge, London and New York.
- Fiedler, T., Solarić, M. (1996): GPS, Satellite geodesy and geoinformatics within the new curriculum at the University of Zagreb, Faculty of Geodesy. *Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology, Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy, No. 4 (22), 103–111.*
- Frančula, N. (2001): *Digitalna kartografija*, 3. prošireno izdanje. Geodetski fakultet, Zagreb.
- Frančula, N., Lapaine, M. (1999): *Budućnost geodezije*. U: *Obrazovanje za informacijsko društvo, Treći dio – Profesije budućnosti, inženjer budućnosti*; Akademija tehničkih znanosti Hrvatske i Hrvatsko društvo za sustave, Zagreb, 73–79.
- GIM Interviews (1997a): *Beyond traditional mapping*, GIM Interviews Mr Robert Kron, Director of Geodelta BV. *GIM* 5, 43–45.

- GIM Interviews (1997b): Excelent job opportunities, GIM Interviews Professor John C Trinder, University of New South Wales. GIM 9, 37–41.
- Glatthard, Th. (2001): Was planen Sie zum Jubiläum “100 Jahre Geomatik Schweiz”? VPK 10, 639.
- Grün, A. (1998a): Geomatik und Umweltingenieurwissenschaften – zwei neue Studiengänge an der ETH Zürich. VPK 8, 417–426.
- Grün, A. (1998b): Geomatic engineering and Enviromental engineering. GIM 12, 30–33.
- Grün, A., Steidler, F., Wang, X. (1998): CyberCity Modeler ein System zur halbautomatischen Generierung von 3D-Stadtmodellen. VPK 9, 457–460.
- Hartermann, W. (1999): Der “Geodät 2000” – Realität und Vision an der Schwelle zum 21. Jahrhundert. ZfV 2, 42–45.
- Hawerk, W. (1997): Die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) und das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS). VPK 5, 283–289.
- Hazelton, N. W. J. (2000): Geomatics engineering at the Ohio State University: Design, implementation and accreditation. Surveying and Land Information Systems 1, 61–70.
- Hobbie, D. (1998): Notwendige Studienplan – Aktualisierung des universitären Vermessungs-Studiums. Vermessungswesen und Raumordnung 7, 363–371.
- Hoyde, S. (2001): Location-based services a legal requirements? GEOEurope 7, 38–39.
- Hughes, J. (1999): GIS Europe is now GEOEurope. GEOEurope 1, 5.
- Jiang, B., Ormeling, F. J. (1997): Cybermap: the map for cyberspace. The Cartographic Journal 2, 111–116.
- Kainz, W. (1997): GI technology for the information society. GIM 8, 73.
- Kofler, M., Gruber, M. (1998): Verwaltung und Visualisierung dreidimensionaler Stadtm Modelle. Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung 2, 44–57.
- Konecny, G. (1998): Photogrammetry and remote sensing in transition to geoinformatics. Photogrammetry Fernerkundung Geoinformation 6, 329–335.
- Kowanda, A., Helbig, F. (1999): Zum Verhältnis von moderner Kartographie und Kunst. Kartographische Nachrichten 1, 1–7.
- Köbben, B. (1996): Atlas design und produktion for the World Wide Web – the Dutch experience. ICA Proceedings of the Seminar on electronic atlases II, Prague, Hague, 25–32.
- Kraus, K. (1997): Herausforderungen an die Photogrammetrie und Fernerkundung – Zukünftige Aspekte in der Forschung. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation 6, 341–346.
- Kummer, K. (2001): Quo Vadis Landesvermessung. Flächenmanagement und Bodenordnung 5, 209–218.
- Kurzwehnhart, M. (1999): Neue GIS-Technologien – was bringen sie in der Praxis? VGI 1, 13–21.
- Lemmens, M. (1998): Going digital or staying analogue; Practical concerns when renewing the photogrammetric workflow. GIM 7, 85–87.
- Li, D. (1998): Geomatics – Geo-spatial information science and technology. GIM 9, 89.
- Linkwitz, K. (1995): Zur Ausbildung des Geodäten. ZfV 12, 591–605.

- Lohmar, F. J., Rocholl, W. (2001): Neu: Studiengang Geoinformatik an der Fachhochschule Bochum ab WS 2001/2002. *ZfV* 3, 176.
- McMaster, R. B. (1997): University cartographic education in the United States: a new conceptual framework. Proceedings 18th ICA/ACI International Cartographic Conference, Stockholm, Vol. 3, 1422–1429.
- Moritz, H. (1991): Zur Entwicklung der physikalischen Geodäsie in der letzten drei Jahrzehnten. *ZfV* 12, 540–544.
- Peterson, M. P. (1999): Elements of multimedia cartography. U: W. Cartwright, M. P. Peterson (editors), *Multimedia Cartography*, Springer 1999, 3–40.
- Peterson, M. P. (2000): Maps and the Internet. *GIM International* 9, 12–15.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Guptil, S. C. (1995): *Elements of Cartography*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Ročić, M., Mastelić Ivić, S., Matijević, H. (2001): Moderni pogonski katastri – as built. Drugi hrvatski kongres o katastru, Zbornik radova, Hrvatsko geodetsko društvo, Zagreb, 161–170.
- Seckel, H. (1998): Studiengang Vermessungswesen – Teil 1: Universitäten. Deutscher Verein für Vermessungswesen, Schriftenreihe des DVV, Band 34.
- Solarić, M. (2001): Razvojni put satelitske geodezije do njene primjene u katastru. Drugi hrvatski kongres o katastru, Zbornik radova, Hrvatsko geodetsko društvo, Zagreb, 1–13.
- Solarić, N., Špoljarić, D., Bošnjak, A. (1998): Dodirni zaslon u računalnoj tehnici. *Geodetski list* 2, 109–116.
- Sünkel, H. (2000): G++. *VGI* 3, 169–172.
- Štefanović, P., Čolić, K., Fiedler, T. (1998): GIS, GPS i aerofotogrametrija – svrsishodna povezanost i učinkovitost. Zbornik radova, Sto godina fotogrametrije u Hrvatskoj, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 87–98.
- Tao, V., El-Sheimy, N. (2000): Highway mobile mapping. *GIM International* 10, 84–87.
- Theobald, A., Logan, I. (1998): Ordnance Survey's PRISM project. *GeoInformatics* 6, 12–15.
- Triglav, J. (1999): INTERGEO 1999 Impressions. *Geoinformatics* 7, 32–34.
- Triglav, J. (2001): Long live surveyors! *Geoinformatics* 8, 9.
- Trinder, J. C. (1997): The future role of GPS for geomatics professionals. *GIM* 2, 81.
- URL 1: Canadian Institute of Geomatics – <http://www.cig-acsg.ca>
- URL 2: ITS America – <http://www.itsa.org>
- URL 3: Geomatik (Vermessung und Kulturtechnik) Schweiz – <http://www.geomatik.ch>
- URL 4: Open GIS Consortium Web Mapping Testbed Public Page
<http://www.opengis.org/wmt>
- URL 5: Welcome on Telegeo's site – <http://lisi.insa-lyon.fr/~laurini/telegeo/>
- URL 6: The Geography of Cyberspace Directory
http://www.cybergeography.org/geography_of_cyberspace.html
- Wang, Y. (1998): Fully automatic image matching; Digital image matching with structural matching techniques. *GIM* 7, 52–53.
- Willcox, I. (1999): High quality map delivery: The Web application the industry forgot. *GEOEurope* 12, 16–17.

- Witte, B. (1998): Zum gegenwärtigen Stand der Rahmenprüfungsordnung im universitären Studiengang Vermessungswesen. *Vermessungswesen und Raumordnung* 7, 372–379.
- Wouters, W., Bollweg, A. (1998): A detailed elevation model using airborne laser altimetry. *GeoInformatics* 6, 6–9.
- Wunderlich, Th. (2001): Ortsbezogene Information – jederzeit und überall. *ZfV* 3, 117–122.

Future of Geodesy and Surveying

ABSTRACT. The paper describes the changes that have occurred in geodesy and surveying in the past forty years in connection with the development of electronic, satellite and computer technology. There are also the examples given illustrating the changes of the names of geodetic associations, magazines, geodetic education institutions, and even of the entire profession. The current development of mathematical, physical and satellite geodesy, of practical and engineering surveying, photogrammetry and remote sensing, cartography and geoinformation technology has been analysed. There are various opinions about the future of geodesy and surveying given in the paper with the guidelines for the education of surveyors mentioned at the end.

Keywords: geodesy, surveying, future.

Primljeno: 2002-1-9