

# SODOBEN POMEN IN VLOGA GEODEZIJE

mag. Bojan Stopar, dr. Radoš Šumrada  
FAGG, Oddelek za geodezijo, Ljubljana  
Prispelo za objavo: 18.8.1994

## Izvleček

Geodezija je veda, ki zagotavlja prostorske podatke o našem okolju. Vloga geodezije kot znanosti in stroke se je in se postopoma spreminja. Sodobni pomen in vloga geodezije sta v tesni povezavi s hitrim razvojem sodobne tehnologije ter spremenjenimi potrebami uporabnikov prostorskih podatkov. Članek podaja predvsem osebne poglede obeh avtorjev na sodobni pomen geodetske znanosti, geodetske stroke in industrije. Predstavlja tudi zahteven poizkus podati vedno aktualno sodobno interpretacijo za geodezijo.

**Ključne besede:** Geodetski dan, dejavnosti, geodezija, geodetska industrija, Radenci, zgodovinski razvoj, 1994

## Abstract

Geodesy is the science supplying spatial data of the surrounding environment. The role of the geodetic science, and branch has changed and is changing gradually. The current meaning and role of the geodesy is in close connection with the rapid development of modern technology and with changing demands of spatial data users. The paper presents above all personal view of both authors as to the modern meaning of the geodetic science, branch, and industry. Outlined is also an attempt to specify an ever up-to-date interpretation of geodesy.

**Keywords:** activities, geodesy, Geodetic workshop, historical development, Radenci, surveying industry, 1994

## 1. UVOD

Ko je človek postal bitje, ki razmišlja, se je začel zanimati tudi za Zemljo, na kateri živi. Začel je opazovati in si razlagati naravne pojave, ki so pogosto določali in pogojevali njegovo obnašanje v tedanjem okolju. Zanimala ga je tudi geometrija prostora, v katerem je živel, zato je začel določati obliko Zemlje. Začel je opazovati Sonce, Luno, planete in zvezde. Spoznaval je vedno nova in nova dejstva o prostoru, ki ga obdaja. Prvi začetki geodezije so zato tesno povezani z razvojem astronomije in matematike. Skupaj z astronomijo je geodezija predstavljena kot ena najstarejših znanosti. Prav gotovo pa je geodezija najstarejša iz družine geoznanosti. Kot veda se je geodezija tradicionalno ukvarjala predvsem z določanjem oblike in velikosti Zemlje, upodabljanjem zemeljskega površja in z razmejitvijo ter izdelavo kart. Osnovne naloge današnje geodezije so načeloma ostale zelo podobne in vpete v te zgodovinske okvire.

## 2. ZGODOVINSKI RAZVOJ GEODEZIJE

Geodezija ima svoj začetek v antični Grčiji, kjer se dokumentirani začetki geodezije pokrivajo z začetki trigonometrije. Kljub temu, da je geodezija v tistem času, podobno kot astronomija, bolj kot na opazovanih temeljila na filozofskem pogledu na svet, se je njen razvoj začel. V stari Grčiji je bila geodezija z matematiko in astronomijo ena najbolj cenjenih ved, zato so se z njo ukvarjali največji umi tistega časa. Stari Grki so prišli do pomembnih odkritij, ki jih lahko štejejo tudi med odkritja geodezije, kot je dolžina sončnega leta (določili so dolžino 365,25 dni), po začetnih drugačnih idejah so prišli do ideje, da je Zemlja sferne oblike, začeli so proučevati gravitacijo in Aristotel je definiriral prvi verjetni argument za sferno obliko Zemlje, povezan z gravitacijo, ki je preživel do danes, začeli so sumiti, da sta plima in oseka povezani z gibanji nebesnih teles, dokaj zanesljivo so določali geografsko širino in izdelovali karte poznanih delov Zemlje. Poskušali so določiti razdaljo do Lune in Sonca, ugotovili so, da je zemeljska rotacijska os nagnjena proti ravnini ekliptike, izdelovali so zvezdne karte, definirali heliocentrični sistem in posumili na atmosfersko refrakcijo.

Za pravega očeta geodezije po imamo Eratostena, knjižničarja v aleksandrijski knjižnici, ki je prvi določil velikost Zemlje in izdelal dokaj natančno karto Mediterana. Z zatonom antične Grčije je prišlo tudi do zatona geodezije in z geodezijo so se ukvarjali le posamezniki, ki pa niso prišli dalj od odkritij antične Grčije, z edinima izjemama, kot sta uvedba (Julijanskega) koledarja in Ptolomejevega dela Almagest s karto Mediterana, Bližnjega vzhoda in Indije, ki je ostala nespremenjena 14 stoletij.

Čerkev je do srednjega veka s svojim vplivom zavirala razvoj znanosti in tako tudi geodezije, zato segajo znanstveni začetki geodezije šele v ta čas. Dela grških mislecev so preživela obdobje nadvlade teologije samo v prevodih v arabščino, ki so v 11. stoletju prek Španije našla pot v Evropo. Tako so se v latinščino prevedeni teksti grške geodezije začeli širiti po Evropi. Geodezija je tako ponovno oživela v 15. stoletju, ko se je pojavilo nekaj mislecev, ki so pripravili temelje Koperniku, ki je izdelal teorijo o heliocentričnem sistemu, ki je prvič vključevala vse planete, Leonardu da Vinciju, ki je prvi omenil možnost izostazije, Tychu Bracheju, Galileju, Keplerju, ki so prispevali velik delež v razvoju geodetske teorije in merske opreme. Francoz Picard je leta 1670, 19 stoletij za Eratostenom, prvi sodobno izmeril velikost Zemlje. Po dosežkih Italijana Borellija, Angleža Horroxa, po pripravi ustreznih matematičnih sredstev Descartesa, Leibniza in samega Newtona, je Newton prišel do odkritja splošnega zakona gravitacije, ki je ena od prelomnic v razvoju geodezije. Splošni zakon gravitacije ni bil takoj sprejet. Med največjimi nasprotniki Newtonove teorije je bil italijanski astronom Cassini. Veljavnost Newtonove teorije so želeli potrditi s poskusom, zato je francoska akademija znanosti v letih 1735 do 1743 organizirala odpravi za določitev dolžine loka meridiana v bližino ekvatorja in v bližino zemeljskega pola. Rezultati odprav so potrdili veljavnost Newtonove teorije.

Po zaključku odprav in pionirskih delih Picarda in Snella se je začel na področju triangulacije pravi preporod. Merska oprema (teodoliti in merske žice in trakovi) je postajala boljša in natančnejša. Izpopolnjene so bile tehnike določitve položaja s terestričnimi in astronomskimi opazovanji kot tudi tehnika niveliranja. Med leti 1750

in sredino dvajsetega stoletja je bilo določanje položaja točk na Zemlji vsakodnevni kruh geodetov. Za veliko ljudi je določanje položaja še vedno sinonim za geodezijo. V tem času so problemi geodezije predstavljali izziv za najboljše ume svojega časa, enako kot v začetku naše civilizacije. S svojimi deli so geodezijo zaznamovali Gauss z definicijo geoida in metodo najmanjših kvadratov, Laplace s teorijo plimovanja, Bessel, ki je prvi zanesljivo določil sploščenost in velikost Zemlje, Euler z mehaniko fizičnih teles, Lagrange kot tvorec analitične mehanike in tudi metode najmanjših kvadratov, Fourier s teorijo potenciala, Riemann z diferencialno geometrijo, Airy in Pratt z deli o izostaziji, Coriolis, ki je definiral pospešek gibajočega telesa na zemeljski površini, Helmert, ki je prvi resno skušal predstaviti matematične in fizikalne temelje, na katerih sloni geodezija, Stokes z rešitvijo geodetskega problema robnih vrednosti. Einsteinovo odkritje posebne in splošne teorije relativnosti je pripomoglo k rešitvi nekaj problemov v geodeziji, Eoetvoes je študiral gravitacijski gradient, Vening Meinesz je bistveno izboljšal teorijo izostazije, Jeffreys je uvedel pojem teluroida, ki jo je dokončal Molodensky. Pizzeti in Somigliana sta definirala normalno gravitacijsko polje.

**P**o drugi svetovni vojni se je začela tehnološka revolucija in odkritja, ki imajo velik vpliv na razvoj geodezije, so predvsem radar, računalnik, elektromagnetni razdaljemer, radiointerferometer, umetni sateliti, inercialni navigacijski sistemi. Verjetno največji vpliv na razvoj geodezije pa ima gotovo mikroelektronika. Z razvojem merske in računalniške tehnologije so se spreminjali tudi metodologija in področja delovanja geodezije.

### 3. TRADICIONALNA OPREDELITEV GEODEZIJE

**D**efinicija geodezije se je v preteklosti spreminjala skupaj s stopnjo znanstvenega in tehnološkega razvoja v tedanji družbi. Stoletja dolgo je bila geodezija v službi kartiranja zemljišč in reduciranje geodezije samo na izmero zemljišča. Sedaj splošno veljavna opredelitev geodezije je bila uvedena okoli leta 1975 in opredeljuje geodezijo kot vedo, ki se ukvarja z merjenjem velikosti ter predstavitvijo Zemlje, vključno z njenim gravitacijskim poljem. V glavnem pa so naloge geodezije naslednje:

- vzpostavitev in vzdrževanje nacionalnih in globalnih tridimenzionalnih geodetskih kontrolnih mrež z obravnavanjem časovnih sprememb v teh mrežah
- opazovanje ter predstavitev geodinamičnih pojavov (gibanje pola, plimovanje Zemlje in premikanje zemeljske skorje)
- določanje gravitacijskega polja, vključno s spremembami gravitacijskega polja.

Kot večina znanstvenih ved, je tudi geodezija razdeljena na številne pomožne panoge in discipline. Klasične poddiscipline geodezije so naslednje: geometrična geodezija, fizikalna geodezija, matematična geodezija in dinamična geodezija.

**Z** razvojem tehnologije in avtomatizacijo se spreminjajo tudi geodetova merska oprema, orodja ter metodologija merjenja. Vzporedno z razvojem metodologije in merilnih instrumentov se pojavljajo tudi nova področja geodezije. Sedaj je na primer zelo aktualna satelitska geodezija. Vsem pomožnim vedam geodezije pa so skupne naloge, ki jih mora geodezija predvidoma opravljati v družbi. Te naloge so:

določanje položaja, določanje gravitacijskega polja in časovne spremembe položaja ter gravitacijskega polja.

Določanje položaja ali določanje položajev točk je naloga geodezije, ki jo družba najbolj razume in ceni. Položaj točke lahko določamo samostojno ali pa v okviru ustreznih geodetskih mrež. Razlog, zakaj geodezija obravnava geometrijo zemeljskega gravitacijskega polja, je dejstvo, da geodet svoje meritve opravlja v fizičnem prostoru, na katerega vpliva gravitacija oziroma težnost. Svoje meritve pa običajno predstavlja v abstraktnem geometrijskem prostoru. Za transformacijo iz realnega fizičnega prostora v geometrijski prostor je nujno potrebno poznati tudi lastnosti gravitacijskega polja. Časovne spremembe položajev in gravitacijskega polja se pojavljajo zaradi deformacij Zemlje in njenega gravitacijskega polja, ki nastopajo zaradi številnih vzrokov. Geodezija ne obravnava vzrokov teh sprememb, obravnava jih namreč geofizika, ampak samo geometrijske posledice deformiranja zemeljske površine.

#### 4. DEJAVNOSTI SODOBNE GEODETSKE INDUSTRIJE

Sodobni geodetski inženir je profesionalc z akademsko izobrazbo, ki praktično izvaja mersko tehnologijo. Njegova osnovna naloga ni več samo zbiranje in ovrednotenje zemljiških ter geografskih podatkov. Delovna opravila sodobnega geodeta segajo praktično v vse faze zajemanja, obdelave, vzdrževanja, analize, razdeljevanja, trženja, upravljanja, varovanja ter predstavitve prostorskih podatkov. Takšne podatke se uporablja predvsem za planiranje, odločanje ter izvedbo učinkovite administracije o izrabi zemljišč, zgradb in voda. Naloga geodeta je tudi raziskovanje s ciljem teoretičnega napredka in razvoja tehnologije, metod ter orodja za zajemanje, vzdrževanje, obdelavo in predstavitve prostorskih podatkov.

Natančne geodetske meritve so potrebne pri vseh posegih v prostor: gradnji cest, železnic, mostov, žičnic itd. Tudi prikaz lastnine zemljišč zahteva natančne meritve. Sodelovanje geodeta je potrebno tudi pri načrtovanju posegov v prostor, urbanističnem in ruralnem planiranju kot tudi pri varovanju okolja. Načrtovano rabo prostora lahko uresničimo le ob dosledno urejenih in registriranih lastniških odnosih v prostoru. Tudi to nalogo izpolnjuje sodobna geodezija. Praktična geodezija oziroma geodetska industrija kot posebna poslovna veja gospodarstva se danes ukvarja in opravlja predvsem naslednje aktivnosti:

- določitev velikosti in oblike Zemlje obsega načrtovanje in izvedbo meritev za zajemanje podatkov, ki so potrebni za opredelitev velikosti, položaja, oblike ter obrisa kateregakoli dela Zemljine površine;
- določitev položaja objektov v prostoru 3D obsega določitev lokacije ter opazovanje deformacij fizičnih objektov, zgradb in inženirskih del na in pod površino Zemlje;
- inženirske meritve in opazovanje premikanja objektov obsegajo planiranje, izmero, zakoličenje, izrednotenje in upravljanje s podatki o izgradnji objektov, kar vključuje tudi ekonomsko oceno potrebnih stroškov za takšne meritve;
- določitev položaja javnih in zasebnih meja obsega določitev poteka posestnih meja med parcelami oziroma zemljišči, določitev poteka ter registracijo

administrativnih, upravnih in državnih meja. Vključena je tudi ustrezna registracija ter varovanje pridobljenih podatkov v okviru formalno zadolženih organizacij za njihovo zbiranje, vzdrževanje, obdelavo in predstavitev;

- načrtovanje, razvoj, vzpostavitev in upravljanje z zemljiškimi (LIS) ter geografskimi (GIS) informacijskimi sistemi obsegajo zajemanje, zbiranje, obdelavo, hranjenje, vzdrževanje, analiziranje, predstavitev, razdeljevanje, upravljanje in trženje s prostorskimi podatki v takšnih prostorskih informacijskih sistemih;
- ocenjevanje vrednosti nepremičnin obsega določitev tržne oziroma ekonomske vrednosti nepremičnin. Ukvarja se predvsem z upravljanjem z nepremičninami, zemljišči ali zgradbami tako v mestih kot na podeželju;
- planiranje izrabe nepremičnin obsega planiranje, razvoj in upravljanje z lastnino, zemljišči ali zgradbami tako v mestih kakor na podeželju;
- študij naravnega in socialnega okolja obsega meritve zemeljskih in vodnih virov ter uporabo pridobljenih podatkov za planiranje ter razvoj urbanih, ruralnih in socioekonomskih področij;
- kartografija in kartografska reprodukcija obsegata izdelavo ter proizvodnjo načrtov, kart, datotek, grafikonov in poročil v analogni ali digitalni obliki.

## 5. ZAJEMANJE, VZDRŽEVANJE IN PREDSTAVITEV PROSTORSKIH PODATKOV

Človek zaznava okolje s pomočjo čutil, zlasti vida. Sprejema dražljaje iz okolja, ki jih nato obdeluje in tudi miselno interpretira. Tako si ustvari podobo in razumevanje okolja. Poleg naravne zaznave iz okolja je človek sposoben dojemati tudi podatke iz drugih virov oziroma medijev. To je zaznava abstraktnega pomena in logično razumevanje povezav med dejstvi, ki temeljijo na miselni obdelavi različnih predstavljenih podatkov (pisava, slika, glasba, matematika itd.). Percepcija je torej psihični proces zaznavanja in dojetja stvarnosti. Razdeli se lahko na vizualno zaznavo okolja in miselno interpretacijo dojetih podatkov. Pogojena je s številnimi faktorji, kot so na primer psihologija, morala, izobrazba, psihično ali lastno stanje perceptorja itd.

Tradicionalna karta sodi med najboljše medije za vizualno in logično komunikacijo. Podaja večplastno, vsestransko in objektivno sliko upodobitev kompleksnega sveta, v katerem živimo. Karta predstavlja model sveta kot kodirano sporočilo na analognem mediju in je posplošena predstavitev stvarnosti (merilo, projekcija). Odvisna je tudi od kartografove osebne interpretacije modela stvarnosti in kartografskih podatkov, ki jih predstavlja. Karta je tudi rezultat celega niza poenostavitev, ki so rezultat različnih tehničnih postopkov in sistema kodiranja (tradicionalni kartografski znaki, kartografske spremenljivke, pogojni znaki, generalizacija vsebine ter drugih tehničnih prijemov). Kvaliteta ali funkcija tradicionalne karte kot informacijskega medija je torej odvisna predvsem od dveh členov: od kartografa ter njegove percepcije stvarnosti in kartografskega znanja ter od uporabnika (sposobnost čitanja ter dekodiranja kartografskih podatkov, percepcije, obdelave podatkov in razumevanja izvedenih informacij).

V začetku je geodezija izdelovala svoje proizvode „karte“ na glinenih ploščah. Do uporabe digitalne tehnologije v kartografiji so imele vse tradicionalne vrste

kartiranja eno skupno točko. Prostorska podatkovna baza je bila kartirana na kosu papirja ali foliji. Prostorski pojavi so bili prikazani s pomočjo točk, linij in območij. Osnovne geografske značilnosti so se prikazovale z različnimi vidnimi učinki, ki jih omogoča uporaba kartografskih znakov. Pomen kartografskih znakov je bil prikazan v posebni legendi. Če je bilo potrebnih več pojasnil in znakov, so se uporabljali posebni kartografski ključi. Ker je bila takšna analogna karta zelo dolgo najboljši medij za prikazovanje in shranjevanje prostorskih podatkov hkrati nekakšna analogna podatkovna baza, je imelo to številne posledice za zbiranje, klasifikacijo in uporabo tako shranjenih prostorskih podatkov. Večinoma imamo danes geodeti vsebinsko kart shranjeno na računalnikih v digitalni obliki. Digitalizacija analognih kart (glavni in najcenejši podatkovni vir) kot trenutno najbolj pomemben vir prostorskih podatkov uvaja posredno cel kup novih dimenzij in problemov v tradicionalni odnos uporabnika in karte. Zmotno je predvsem mnenje, da digitalizacija sama po sebi spremeni kvaliteto in zlasti natančnost podatkov. Digitalizacija je samo posebna oblika zajemanja podatkov iz tradicionalnih analognih kartografskih medijev. Vsaka digitalizacija torej pokvari kvaliteto in delno tudi zmanjša natančnost zajetih podatkov (natančnost naprav, operaterja in postopkov za zajemanje, natančnost digitalnega zapisa števil, človeški faktor itd.). Obstaja cel niz razlogov in faktorjev, ki na to neposredno ali posredno vplivajo. Spremeni in izboljša se predvsem medij ter tudi sama tehnologija hranjenja prostorskih podatkov. Izboljša se zlasti povezljivost, dostopnost, uporabnost in vsebinska doslednost shranjenih digitalnih podatkov. Takšne podatke je lažje vzdrževati in procesirati. Lažji je tudi fizični dostop do podatkov. Možne so nove in nepredvidljive uporabe podatkov. Možna je njihova hitrejša, cenejša in bolj kvalitetna uporaba. Po drugi strani pa je poznano tudi dejstvo, da so iz digitalnih prostorskih podatkov izvedene informacije za uporabnike mnogo težje dostopne (problem predstavitve digitalnih podatkov) kot je to v primeru analognih kart. Iz podatkov pa se lahko z ustrežno tehnologijo oziroma predhodno obdelavo posredno izpeljejo mnoge nove, prej neslutene povezave, in s tem tudi nove informacije.

**P**odatke za izdelavo kart pridobivamo tudi s pomočjo fotografskih ali video kamer ter z elektronskimi senzorji v letalih in satelitih. Izvrednotenje podatkov, pridobljenih na tak način, se opravlja izključno z računalniki. Poleg metričnih podatkov o prostoru zajemamo s tovrstnimi instrumenti tudi vsebinske informacije o prostoru, katerih obdelava je čedalje bolj avtomatizirana.

**G**eodezija pomaga pri vzpostavitvi in vzdrževanju prostorskih informacijskih sistemov, ki jih za svoje potrebe lahko gradijo tudi drugi uporabniki ali upravljalci s prostorom. Sodobna geodetska stroka tradicionalne vsebine kart in načrtov predstavlja s sredstvi ter metodami tehnologije GIS-a. GIS je računalniško podprt sistem, ki procesira podatke o prostorskih objektih. Objekt je načelno opredeljen kot smiselna skupina podatkov skupaj z opisom za njihovo manipulacijo. Objektno orientirani vzor je zelo pomemben za nadaljnji razvoj celotne tehnologije GIS-a. V nasprotju s tradicionalnim kartografskim pogledom na prostorske podatke, ki temelji na povsem pasivnih tematskih plasteh z ustreznimi, samo takšnim plastem pripadajočimi grafičnimi gradniki, dovoljuje objektno orientirani pristop enakolično modeliranje različnih prostorskih entitet kot poljubno abstrahirane tridimenzionalne

objekte. Vsak objekt se lahko pojmuje kot aktivna samozadostna entiteta, ki poseduje vso potrebno vsebinsko in procesno znanje o sebi. Geografski objekt je enota geometričnih, topoloških in opisnih podatkov, ki podaja značilnosti določene stvarne prostorske entitete. Podatki so direktno povezani oziroma združeni z nizom metod ali procesnih funkcij, ki opredeljujejo vse smiselne in možne operacije nad takšno entiteto. Objekti so nadalje tipizirani v ustrezno izbrane razrede. Različne lastnosti, kot na primer generalizacija in sposobnost kartografskega prikazovanja, se lahko ustrezno izvedejo z dodajanjem potrebne inteligence v razrede. Uporabniški razredi se lahko med seboj poljubno dedujejo v željeno razredno hierarhijo.

**Literatura:**

Vaniček, P., Krakivsky, E., 1991, *Geodesy – The Concepts*, Elsevier, Amsterdam, Nizozemska.  
FIG (Federation Internationale des Geometres), 1991, statut.

Recenzija: Jurij Hudnik  
Aleš Seliškar