

# OSVRTI

## GEOMATEMATIKA - MATEMATIKA ILI GEOZKANOST?

Miljenko LAPAINE & Tomislav MALVIĆ

Pojam geomatematike danas se sve češće susreće u mnogim geoznanostima, pa čak i u nazivima društava, knjiga i časopisa. Iako većina inženjera i znanstvenika može pretpostaviti od kuda potiče korijen toga pojma te u kojim područjima se može primijeniti, postavlja se pitanje radi li se o *skupini matematičkih metoda koje se uglavnom koriste u geoznanostima ili posebnoj geoznanosti*. Određeni broj tekstova o geomatematici već se pojavljivao u hrvatskoj znanstvenoj literaturi, a jedan tematski članak tiskan je i u Vijestima HGD-a 2007. godine. Kako je od tada geomatematika u velikom obimu primijenjena u hrvatskim geoznanostima, te je tiskan znatan broj radova i knjiga iz pojedinačnih područja koja se svrstavaju u geomatematiku, željeli smo kroz jedan opširniji opis i raspravu odrediti taj pojam u hrvatskoj znanstvenoj terminologiji.

### 1. Geoznanosti ili znanosti o Zemlji

Pri spomenu riječi *geoznanosti* na prvi pogled znamo o čemu je riječ, no pokušamo li geoznanosti definirati, neće biti sasvim lako.

Geoznanosti također poznate kao geoznanost, znanost o Zemlji ili znanosti o Zemlji je termin za sve znanosti koje se odnose na planetu Zemlju. Geoznanosti se bave proučavanjem atmosfere, oceana, biosfere, kopna i građe planeta. Geoznanstvenici s pomoću znanja iz fizike, kemije, geologije, biologije i matematike pokušavaju shvatiti kako Zemljin sustav funkcionira i kako se razvijao do njegova današnjeg stanja. Sljedeća znanstvena polja općenito se ubrajaju u geoznanosti (uglavnom prema URL 1):

- Geologija opisuje stjenovite dijelove Zemljine kore (ili litosfere) i njihov povijesni razvoj, ali i njihovu interakciju s astenosferom i jezgrom. Glavne grane geologije su: geokemija, geologija ležišta mineralnih sirovina, geomorfologija, hidrogeologija, inženjerska geologija, matematička geologija, mineralogija, paleontologija, petrologija, stratigrafija, strukturalna geologija, sedimentologija, tektonika.

- Geofizika i geodezija istražuju Zemljin oblik, njegov odnos prema silama te magnetsko i gravitacijsko polje. Geofizičari istražuju Zemljinu građu (od litosfere do unutarnje jezgre) te tektonske i seizmičke aktivnosti.

- Pedologija (tloznanstvo) bavi se vanjskim slojem Zemljine kore na kojem se formira tlo.

- Oceanografija i hidrografija (uključujući limnologiju) opisuju područja mora i voda, odnosno vodene dijelove Zemlje (ili hidrosferu). Osnovne poddiscipline su fizikalna, kemijska i biološka oceanografija.

- Glaciologija se bavi ledenim dijelovima Zemlje ili kriosferom.

- Znanosti o atmosferi bave se plinovitim dijelovima Zemlje ili atmosferom između Zemljine površine i egzosfere (oko 1000 km). Glavne poddiscipline su meteorologija, klimatologija, kemija atmosfere i fizika atmosfere.

- Vrlo važna povezujuća sfera je biosfera koja se proučava u biologiji. Biosfera se sastoji od svih oblika života, od jednostaničnih organizama preko stabala do ljudi. Interakcije drugih Zemljinih sfera – litosfere, hidrosfere, atmosfere i/ili kriosfere i pedosfere – daju uvjete koji omogućuju život.

Gornji popis (URL 1) očito nije potpun, jer nedostaju geotehnika, geomehanika, geografija itd. Posebnu zanimljivost na temu podjele znanosti na njezine dijelove (područja, polja i grane) imamo u Hrvatskoj. Prema *Pravilniku o znanstvenim i umjetničkim područjima, poljima i granama* (Nacionalno vijeće za znanost, 2008) u području prirodnih znanosti postojalo je polje 1.03. Geoznanosti koje se dijelilo na sljedeće grane:

- 1.03.01 geografija
- 1.03.02 geofizika
- 1.03.03 geologija
- 1.03.04 mineralogija
- 1.03.05 znanost o moru
- 1.03.06 znanost o okolišu

Zanimljivo je kako geodezija nije svrstana u geoznanosti, nego u posebno polje u području tehničkih znanosti. Geografija je samo djelomično bila geoznanost jer je socijalna geografija s demografijom bilo posebno polje u području interdisciplinarnih znanosti. Geofizika, kao primijenjeni dio fizike nije bila u polju fizike, nego u polju geoznanosti, dok je fizika posebno polje u području prirodnih znanosti. Prema novom *Pravilniku o znanstvenim i umjetničkim područjima, poljima i granama* (Nacionalno vijeće za znanost, 2009) polje geoznanosti više ne postoji. Uvedena su nova polja geologija i geofizika. Polje 1.03. Geologija dijeli se na dvije grane:

- 1.03.01 geologija i paleontologija
- 1.03.02 mineralogija i petrologija.

Novo polje 1.06. Geofizika ima četiri grane:

- 1.06.01 meteorologija s klimatologijom
- 1.06.02 fizička oceanografija
- 1.06.03 seizmologija i fizika unutrašnjosti Zemlje
- 1.06.04 ostale geofizičke discipline

Tako geofizika nije dio fizike nego je posebno polje, ravnopravno s fizikom. Geografija, koja je prije bila podijeljena između geoznanosti (fizička geografija) te socijalne geografije i demografije kao polja

unutar područja interdisciplinarnih znanosti, po novome je Pravilniku u cijelosti izdvojena kao posebno polje u interdisciplinarnom području znanosti. U posljednjem članku spomenutog Pravilnika čitamo: "... ovisno o potrebama u pojedinim znanstvenim područjima, poljima i granama vršit će se periodične izmjene i dopune ovog Pravilnika.". S obzirom na navedeno, čini se razumnim za neslužbene prigode, kao što je ova, prihvatiti definiciju prema kojoj pod pojmom geoznanosti podrazumijevamo sve znanstvene discipline koje se na bilo koji način bave Zemljom, bez obzira na područja, polja i grane prema službenoj podjeli znanosti u Hrvatskoj.

## 2. Što je geomatematika?

Ako prihvatimo da je *geofizika* znanstvena disciplina koja proučava fizikalne pojave na Zemlji te da je *geokemija* znanstvena disciplina koja proučava kemijski sastav Zemlje, prirodno se postavlja pitanje, što je tada *geomatematika*?

Nedavno je u izdanju Hrvatskoga geološkog društva objavljen *Geomatematički rječnik* (MALVIĆ i dr., 2008). U toj knjižici na 70-ak stranica nije eksplicitno definiran termin geomatematika. Međutim, prvi autor toga rječnika objavio je o geomatematici poseban rad u *Vijestima Hrvatskoga geološkog društva* (MALVIĆ, 2007). Prema autoru, geomatematika je skup matematičkih metoda koje se primjenjuju u geologiji, a može se podijeliti na tri poddiscipline: "klasičnu" statistiku, geostatistiku i neuronske mreže.

Slično razmišljanje možemo naći u članku *Geomatematika u mađarskoj geologiji akademika Györgyja Bárdossyja* iz Mađarske akademije znanosti (URL 2): "*Primjena matematičkih metoda ima u Mađarskoj dugu tradiciju. Glavna mjesta za geomatematiku su mađarska sveučilišta, točnije odjeli koji se bave geologijom, kao što su opća geologija, stratigrafija, paleontologija, strukturalna geologija, mineralogija, petrografija, geokemija, hidrogeologija i primijenjena*

geologija. Mađarska geološka izmjera (engl. "Hungarian Geological Survey"), Geološki institut Mađarske (engl. "Geological Institut of Hungary") i Geokemijski istraživački laboratorij Mađarske akademije znanosti su institucije u kojima geomatematičke metode imaju široku primjenu. Konačno, neke rudarske i istraživačke tvrtke, kao što su Mađarska naftna kompanija (MOL), rudarska kompanija za boksit Bakony i druge, regularno upotrebljavaju geomatematičke metode, uglavnom za procjenu rezultata iskorištavanja, za modeliranje odlagališta i rezervoara te za procjenu resursa."

U rječnicima, uključujući i one na internetu, dosta je teško pronaći termin geomatematika. Npr. prema URL 3 geomatematika je upotreba matematike i računalnih tehnika u geologiji. Drugi naziv je *matematička geologija*. Sad se prirodno pojavljuju pitanja poput:

- a) Je li geomatematika geoznanost?
- b) Je li geomatematika dio matematike?
- c) Je li opravdano termin geomatematika vezati isključivo uz geologiju?

Na ta pitanja pokušat ćemo dati odgovor u sljedećim poglavljima.

### 3. Geofizika i geomatematika

Geofizika se ubraja u geoznanosti, a istodobno je dio fizike. Matematičku geofiziku čini razvoj i primjena matematičkih metoda i tehnika na rješavanje geofizičkih problema (URL 4). Naziv je analogan s recimo matematičkom geologijom. No, kod toga nazivlja je upitno zašto se ta područja ne nazivaju recimo geofizička matematika ili geološka matematika?

U članku *Geofizika i geomatematika u Mađarskoj* Laszlo Cserepes iz Odjela za geofiziku Sveučilišta Eötvös Loránd u Budimpešti (URL 5) piše: "Geomatematika, kao posebna primjena matematičke statistike na probleme znanosti o Zemlji, ima za opći cilj dobivanje geoloških objekata iz skupova podataka sa "šumovima" (podaci koji sadrže

slučajne pogreške). U širem smislu, to je također osnovni cilj geofizike, a ta činjenica sugerira vrlo usku vezu između geofizike i geomatematike.

Geofizicari već dugo upotrebljavaju različite matematičke metode koje se temelje na teoriji vjerojatnosti, teoriji informacija i matematičkoj statistici da bi procijenili svoja terenska mjerenja. Oni tradicionalno upotrebljavaju termin "geofizička obrada podataka" za taj skup metoda procjene podataka, no ne bi bila velika pogreška kad bismo umjesto toga rekli "geomatematika".

Geofizička obrada podataka ima svoje posebnosti, ne samo zbog objekata geofizičkih istraživanja, koji se razlikuju, recimo, od onih mineralogije ili petrologije. Postoje posebnosti koje se odnose na metodološki pristup. U većini problema obrade geofizičkih podataka, fizikalno polje geološkog objekta, koji se istražuje pojedinim geofizičkim mjerenjima, određuje se na temelju determinističke fizikalne teorije. Deterministički dobivene teorijske vrijednosti dovode se u odnos sa stohastičkim podacima dobivenim terenskim mjerenjima. Na taj način, geofizička obrada podataka uglavnom ima za cilj prilagođavanje mjerenih podataka eksplicitnom fizikalnom modelu, a matematičke metode koje se pritom upotrebljavaju odabiru se u skladu s tim osnovnim ciljem.

Obrada podataka u navedenom smislu svakodnevna je rutina u većini mađarskih institucija koje se bave geofizikom, uključujući odjele na sveučilištima, istraživačke institute, industrijske laboratorije i privatne geofizičke tvrtke."

U nastavku citiranog članka ukratko su opisana područja primjene matematike u geofizici u Mađarskoj. To su teorija modeliranja, odnosno prilagodbe modela mjerenjima i modeliranje raspodjele pogrešaka, procjena statističkih parametara, filtriranje te obrada slika.

Na temelju iznijetog, moglo bi se zaključiti kako je geofizika je znanstvena disciplina koja proučava fizikalne pojave na Zemlji. Matematička geofizika je (znanost) znanstvena

disciplina koja se bavi povezivanjem matematike i geofizike. To je primjena matematike na geofizičke probleme te razvoj matematičkih metoda pogodnih za takve primjene i za formuliranje geofizičkih teorija.

Po analogiji mogli bismo zaključiti kako je geologija znanstvena disciplina koja se bavi stjenovitim dijelovima Zemljine kore (ili litosfere) i njihovim povijesnim razvojem, ali i njihovom interakcijom s astenosferom i jezgrom. Matematička geologija je (znanost) znanstvena disciplina koja se bavi povezivanjem matematike i geologije. To je primjena matematike na geološke probleme te razvoj matematičkih metoda pogodnih za takve primjene i za formuliranje geoloških teorija.

Geodezija je tehnika i znanost koja se bavi izmjerom i prikazom Zemljine površine, određivanjem oblika Zemlje i njezina polja sile teže. Matematička geodezija je (znanost) znanstvena disciplina koja se bavi povezivanjem matematike i geodezije. To je primjena matematike na geodetske probleme te razvoj matematičkih metoda pogodnih za

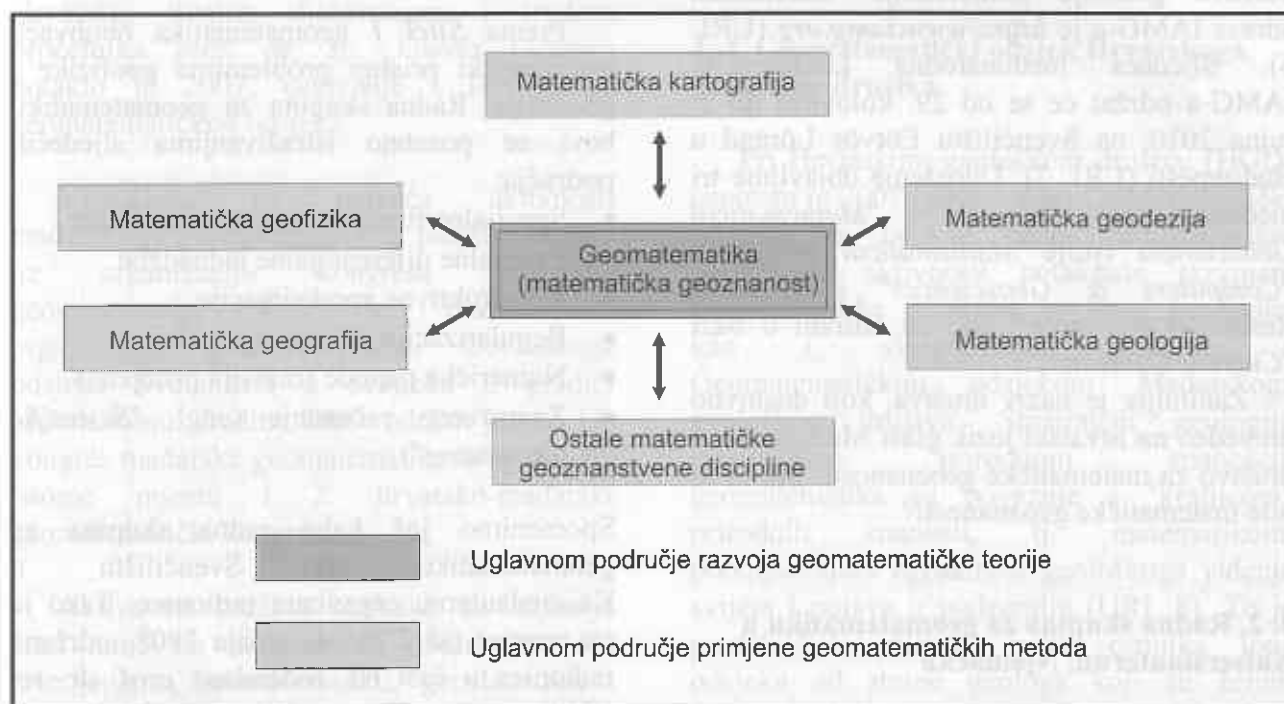
takve primjene i za formuliranje geodetskih teorija.

Po analogiji mogli bismo nastaviti na parovima: geografija – matematička geografija, kartografija – matematička kartografija itd.

To najkraće rečeno znači da je geomatematika za geologe primjena matematike u geologiji, za geofizičare primjena matematike u geofizici itd.

#### 4. Geomatematika i geomatematičari kroz društva i skupine

U sljedećim potpoglavljima prikazana su neka od društava koja se bave primjenom geomatematičkih metoda, njihovom popularizacijom, organizacijom tematskih kongresa i tiskom publikacija, a lako ih je pronaći pretraživanjem interneta. Većina njih ima utjecaj na razvoj geomatematike u Hrvatskoj.



Slika 1. Odnos geomatematike i matematičkih geodisciplina.

#### 4. 1. Međunarodno društvo za matematičke geoznanosti

Međunarodno društvo za matematičke geoznanosti (engl. "*International Association for Mathematical Geosciences*", skr. IAMG) je stručno multidisciplinarno društvo s oko 600 članova iz više od 40 zemalja. Misija IAMG-a je promoviranje napretka u matematici, statistici i informatici u geoznanostima diljem svijeta. Da bi postigao taj cilj IAMG:

- organizira skupove s kratkim seminarima, terenskim obilascima i druge aktivnosti;
- izdaje publikacije o primjeni matematike u geologiji (naglasak na geologiji bio je znatno veći u prošlosti, kad se Društvo bavilo pretežno tom znanostu);
- surađuje s drugim stručnim organizacijama koje se bave primjenom matematike i statistike u znanosti i inženjerstvu.

IAMG je osnovan 1968. na 23. međunarodnom geološkom kongresu u Pragu, pod nazivom Međunarodno udruženje za matematičku geologiju (engl. "*International Association for Mathematical Geology*"). IAMG objavljuje novosti dva puta na godinu i održava godišnje konferencije. Internetska adresa IAMG-a je <http://www.iamg.org> (URL 6). Sljedeća međunarodna konferencija IAMG-a održat će se od 29. kolovoza do 2. rujna 2010. na Sveučilištu Eötvös Lóránd u Budimpešti (URL 7). Udruženje objavljuje tri međunarodna časopisa: "*Mathematical Geosciences*" (prije "*Mathematical Geology*"), "*Computers & Geosciences*" i "*Natural Resources Research*". Svi su citirani u bazi "*Current Contents*".

Zanimljiv je naziv društva, koji doslovno preveden na hrvatski jezik glasi Međunarodno društvo za matematičke geoznanosti. Što bi to bile matematičke geoznanosti?

#### 4. 2. Radna skupina za geomatematiku u Kaiserslauternu, Njemačka

Radna skupina za geomatematiku (njem. "*Die Arbeitsgruppe Geomathematik der*

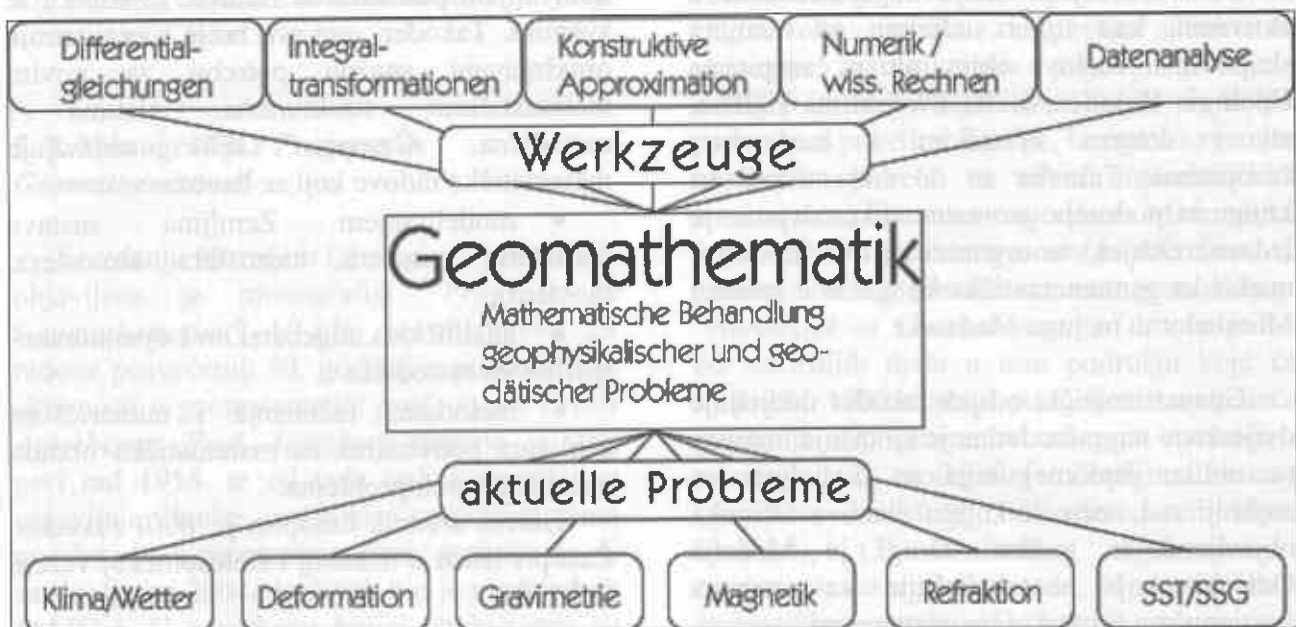
*Technischen Universität Kaiserslautern*", skr. "*TU Kaiserslautern – AG Geomathematik*") osnovana je kao odgovor na niz primjena koje je posljednjih desetljeća uzrokovao tehnološki napredak. Njime su u osnovi promijenjene metode opažanja i mjerenja u svim područjima inženjerstva u geoznanostima. Suvremena računala i satelitske tehnike dobivaju sve veće i veće značenje u geoznanostima. Točnost opažanja sve je veća, pa obrada zahtijeva odgovarajuće matematičke modele, konstruktivne aproksimacijske tehnike i istraživanja analiza podataka te numeričkih metoda. To daje veće značenje geomatematici, odnosno primjeni geomatematike u geoznanostima. Spomenuta skupina za geomatematiku postavila si je zadatak napraviti most između matematičkih teorija i geotehničkih primjena. Poseban naglasak je na razmjeni mišljenja između primijenjenih matematičara koji su više zainteresirani za modeliranje, teoriju i aproksimacijske, odnosno numeričke probleme s jedne strane te geofizičara i drugih inženjera koji se više bave mjernim tehnikama, metodama obrade podataka te primjenama metoda i softvera. Istraživanja radne skupine shematski su prikazana na *Slici 1*.

Prema *Slici 1* geomatematika obuhvaća matematički pristup problemima geofizike i geodezije. Radna skupina za geomatematiku bavi se posebno istraživanjima sljedećih područja:

- Specijalne funkcije matematičke fizike
- Parcijalne diferencijalne jednačbe
- Konstruktivne aproksimacije
- Regularizacija inverznih problema
- Numeričke metode (razvoj i primjena)
- Znanstveno računanje (engl. "*Scientific Computing*")

Spomenimo još kako radna skupina za geomatematiku na Sveučilištu u Kaiserslauternu organizira radionice. Tako je na primjer od 2. do 4. srpnja 2008. održana radionica u čast 60. rođendana *prof. dr. sc. Willija Freedena*. Više podataka o aktivnostima dostupno je preko URL 7 (*Slika 2*).





Slika 2. Shematski prikaz geomatematičkih alata i problema (preuzeto s URL 7).

#### 4. 3. Geomatematički odsjek Mađarskoga geološkog društva

Geomatematički odsjek Mađarskoga geološkog društva ima dugu tradiciju djelovanja i vrlo razgranatu međunarodnu aktivnost. Članstvo je međunarodno, a jedan član koji djeluje i u Upravnom odboru je iz Hrvatske. Svojim djelovanjem i trudom pročelnika *prof. dr. sc. Jánosa Geigera* potaklo je 2007. osnivanje i Hrvatskoga geomatematičkog odsjeka.

Vjerojatno su najveće aktivnosti mađarskoga geomatematičkog odsjeka vezane uz organizaciju kongresa mađarske geomatematike koji se tradicionalno organiziraju kroz aktivnosti Geološkoga odsjeka Sveučilišta u Szegedu u gradići Mórahalomu. Godine 2009. održan je već 13. kongres mađarske geomatematike, a ujedno na istome mjestu i 2. hrvatsko-mađarski geomatematički kongres.

Aktivnosti društva oslikane su najbolje kroz teme tih kongresa, a obuhvaćaju (1) primijenjenu geomatematiku, geostatistiku i integrirane geoznanstvene modele, (2) primijenjenu geofiziku, (3) teorijske pristupe geomatematici i geostatistici, (4) primjenu u

hidrologiji i hidrogeologiji, (5) zaštitu okoliša i odlaganje nuklearnog otpada, (6) petrologiju, (7) meteorološke, klimatološke i ekološke modele, (8) primjenu stratigrafije, analize bazena i korelaciju, (9) geologiju ugljikovodika i inženjersku geologiju, (10) primjenu GIS-a.

#### 4. 4. Geomatematički odsjek Hrvatskoga geološkog društva

Pri Hrvatskom geološkom društvu (HGD) osnovan je 2007. godine novi Geomatematički odsjek. Na taj su način institucionalno oblikovane aktivnosti potaknute razvojem geomatematike u okviru hrvatske geologije, kao i višegodišnja suradnja s Geomatematičkim odsjekom Mađarskoga geološkog društva. Smatrajući geologiju dominantno prirodnom znanosti, geomatematika ju povezuje s "kraljicom" prirodnih znanosti, tj. matematikom, poboljšavajući egzaktnost geološkoga viđenja svijeta i pojava u podzemlju (URL 8). To je predstavljalo glavni motiv osnutka toga odsjeka od strane geologa koji su željeli znatno više prakticirati matematičke metode u svome radu.

Članovi odsjeka imaju bogatu izdavačku aktivnost, kao što i sudjeluju na mnogim skupovima. Radove objavljuju u časopisima *Geologia Croatica*, *Nafta i Vijestima HGD-a*, ali i drugim hrvatskim i inozemnim časopisima. Također su do sada tiskali tri knjige iz područja geomatematike (dvjema je izdavač Odsjek) te organizirali dva hrvatsko-mađarska geomatematička kongresa u gradiću Mórahalomu na jugu Mađarske.

Geomatematički odsjek također dodjeljuje dvije vrste nagrada. Jedna je Godišnja nagrada (u obliku diplome) koja se dodjeljuje za najbolji rad, tezu ili knjigu članova Odsjeka objavljenu te godine. Drugi je Medalja Odsjeka koja se dodjeljuje za iznimna postignuća u hrvatskoj geomatematici.

## 5. Geomatematička literatura

Geomatematička literatura vrlo je opsežna ako se promatraju publikacije koje su pojedinačno izdane u nekoj od njezinih disciplina poput geostatistike ili neuronskih mreža. No, publikacije koje u naslovu nose upravo riječ geomatematika znatno su rjeđe, a ovdje su izdvojene one s kojima su se čitatelji u Hrvatskoj možda češće susreli ili ih pročitali.

### 5. 1. Međunarodni časopis o geomatematici

Međunarodni časopis o geomatematici *GEM* (engl. "*GEM – International Journal on Geomathematics*") izdaje Springer, pod oznakama ISSN 1869-2672 (tiskana inačica) te ISSN 1869-2680 (elektronska inačica). U časopisu se objavljuju radovi iz primjene matematike na geoznanstvene probleme, tj. područja geomatematike, koja postaje sve važnijom. Dva su razloga za to. Prvi su suvremena brza računala i satelitske tehnike, koje ulaze sve više i više u sve geoznanosti, a drugo razlog predstavlja sve veća javna zabrinutost za budućnost našeg planeta, njegovu klimu, okoliš i očekivani nedostatak prirodnih resursa. Učinkovite strategije o zaštiti od prijetnji planetu Zemlji mijenjaju se

dobivanjem podataka sa Zemlje, iz zraka i iz svemira. Također, one sve bolje i kvalitetnije objašnjavaju snažnu potrebu za novim matematičkim strukturama, alatima i metodama. Časopis *GEM* objavljuje matematičke radove koji se bave:

- modeliranjem Zemljina sustava (geosfera, kriosfera, hidrosfera, atmosfera, biosfera);
- analitičkim, algebarskim i operatorsko-teorijskim metodama i
- metodama računanja i numeričkom analizom potrebnima za matematičku obradu geoznanstvenih problema.

Glavni urednik časopisa je *Willi Freeden*. Časopis izlazi u tiskanoj i elektroničkoj verziji (URL 9).

### 5. 2. Časopis za mađarsku geomatematiku

Časopis za mađarsku geomatematiku (engl. "*Journal of Hungarian Geomathematics*", skr. JHG) posvećen je okupljanju istraživača u geoznanostima koji koriste geomatematičke alate. JHG je časopis na internetu sa slobodnim pristupom. Glavna ideja časopisa bila je organizirati časopis s fleksibilnim i jednostavnim pristupom te brzom mogućnosti objavljivanja.

Termin geoznanost ovdje se rabi u njezinu najširem značenju, uključujući sve što se fokusira na Zemljine procese. Prema tome, objavljeni članci su bili iz područja geologije, geofizike, geomorfologije, hidrologije, hidrogeologije, pedologije, daljinskih istraživanja i GIS-a. Termin geomatematika upućivao je autore da se u njihovim istraživanjima očekivala jedino primjena matematike i/ili geostatistike. Glavni urednik bio je *prof. dr. sc. János Geiger* (URL 10), a od 2009. godine časopis JHG pridružio se novome mađarskom časopisu "*Central European Geology*", čiji izdavač je Akadémiai Kiadó, a prije 1. siječnja 2007. taj časopis bio je poznat pod imenom *Acta Geologica Hungarica*. Članci u časopisu tiskani su na engleskom jeziku, a bibliografske oznake su ISSN 1788-2281 (tiskana inačica) i ISSN

1789-3348 (mrežna). Glavni urednik je *prof. dr. sc. János Haas*.

### 5.3. Monografija "*Progress in Geomathematics*"

U izdanju Springer (Springer News, 2008) objavljena je monografija "*Progress in Geomathematics*". U njoj je objavljeno 28 radova posvećenih 50. godišnjici publicističke aktivnosti u geomatematici *prof. dr. sc. Fritsa Agterberga*. *Prof. Agterberg* objavio je svoj prvi rad 1958. te od tada radi i neprekidno objavljuje članke sa širokim rasponom tema posebno za geomatematičare praktičare. U razdoblju od 2004. do 2008. bio je predsjednik IAMG-a. U navedenoj knjizi obuhvaćena su sljedeća područja: (1) prostorne analize pri procjeni mineralnih sirovina, (2) kvantitativna stratigrafija, (3) nelinearni višefraktalni modeli, (4) složene analize podataka, (5) analize vremenskih nizova, (6) analiza slika i (7) geostatistika.

### 5.4. Knjiga "*Handbook of Geomathematics*"

Za kolovoz 2010. najavljeno je objavljivanje knjige "*Handbook of Geomathematics*". Urednici su *W. Freedon*, *M. Z. Nashed* i *Th. Sonar*. Knjiga bi trebala popuniti prazninu osnovne literature za to područje, objedinjujući sadašnje znanje o geomatematici te prikazujući pregled koncepata i teorija, definicije pojmova, biografske natuknice te profile organizacija. Knjiga će biti svojevrsan vodič prema izvorima informacija te pregled "krajolika i kontura" geomatematike.

Njezin nastanak odgovor je zbivanja tijekom protekla tri desetljeća kada su geoznanosti bile pod utjecajem dva bitna scenarija. Prvo, tehnološki napredak u cijelosti je promijenio tehnike opažanja i mjerenja. Suvremena vrlo brza računala i tehnike utemeljene na satelitima sve više i više ulaze u sve geoznanosti. Drugo, sve više raste javna briga o budućnosti naše planete, klime, okoliša

i očekivanog nedostatka prirodnih sirovina. Očito, oba aspekta zahtijevaju učinkovite strategije zaštite protiv prijetnji promjeni Zemlje, a dobivanje sve boljih i boljih podataka s površine Zemlje, iz zraka i svemira objašnjava potrebu za novim matematičkim strukturama, alatima i metodama. Matematika koja se bavi geoznanstvenim problemima, tj. geomatematika, postaje sve važnijom. Knjiga "*Handbook of Geomathematics*" bit će jedno od središnjih djela u tom području koje će imati oko 1000 stranica podijeljenih u sljedeća poglavlja: (1) glavne tehnologije opažanja i mjerenja, (2) modeliranje Zemljina sustava (geosfere, kriosfere, hidrosfere, atmosfere, biosfere), (3) analitičke, algebarske i operatorsko-teorijske metode, (4) statističke i stohastičke metode, (5) metode računanja i numerička analiza, te (6) povijesna podloga i perspektive za budućnost. Knjiga je namijenjena matematičarima i geoznanstvenicima (URL 11).

### 6. Geomatematika u nastavi

Pojedini dijelovi geomematike, kao što je primjerice geostatistika, predaju se na više visokoškolskih ustanova kako u Hrvatskoj, tako i u inozemstvu. Kako ne bismo otišli previše u širinu, u ovom prikazu ograničit ćemo se samo na kolegije koji se zovu upravo *Geomatematika*.

Na Sveučilištu Havaji u gradu Manoa (engl. "*The University of Hawai'i at Manoa*") postoji predmet GG/OCN 312: Geomathematics (URL 12). U jesen 2009. sadržaj kolegija bio je sljedeći: uvod i pregled, obične diferencijalne jednadžbe, linearna algebra i vektorska analiza. Cilj kolegija je uvođenje u nekoliko matematičkih predmeta koji su bitni u znanosti i inženjerstvu s primjenama na znanost o Zemlji i oceanografiju. Od polaznika se očekuje matematička osnova nužna za provođenje znanstvenih istraživanja na području dinamike fluida, ekosustava, računalnog modeliranja itd. Savladavaju se također osnovne vještine za upotrebu numeričkih programskih paketa kao

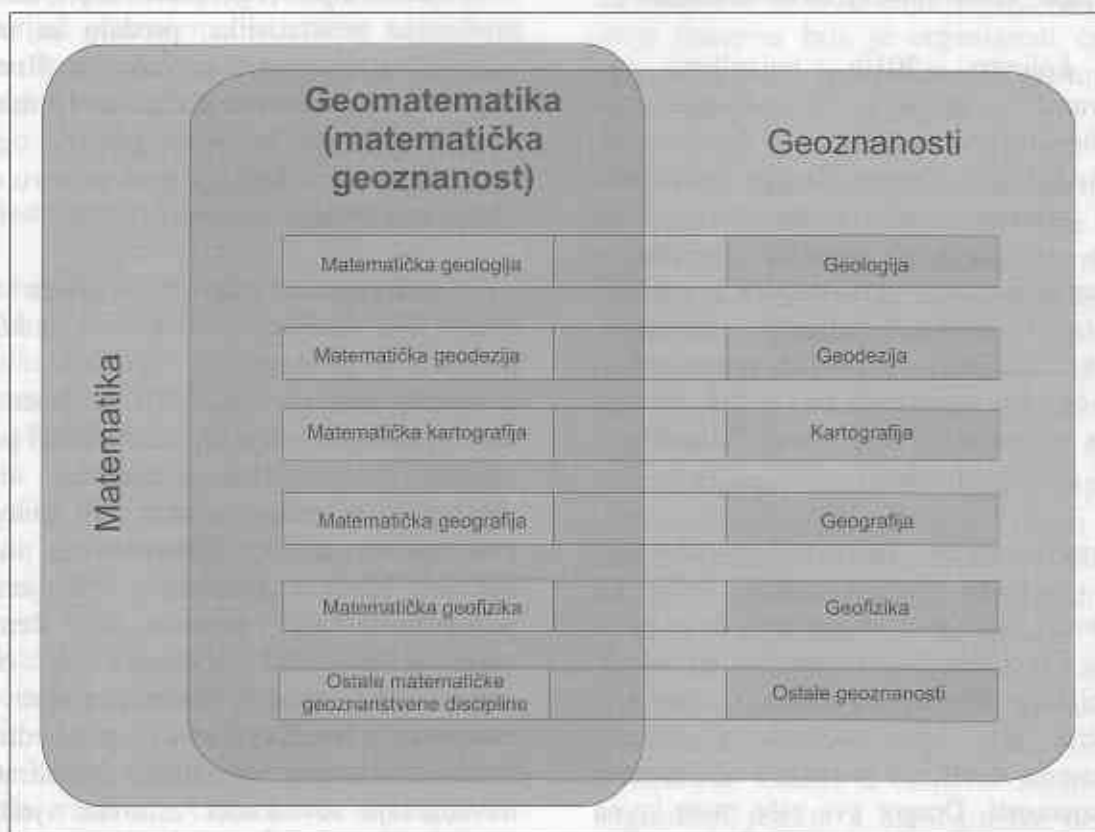


što je MatlabTM. Ukupno je za nastavu predviđeno 13 tjedana po 3 sata tjedno.

Na diplomskom studiju *Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu* postoji Geomatematika kao izborni kolegij. Sadržaj kolegija je ovaj: matematika i GPS, mreže, slučajne varijable i matrice kovarijance, nelinearni problemi, linearna algebra i metoda najmanjih kvadrata, problemi s eksplicitnim rješenjima, GPS, prikupljanje podataka i GPS, Kalmanovi filtri. Očekuje se da će studenti naučiti povezivati matematičku teoriju, geodeziju i GPS. Za nastavu je predviđeno 15 tjedana, sa po dva sata predavanja i dva sata vježbi.

Na diplomskom studiju na *Odjelu za geografiju Sveučilišta u Zadru* bio je nastavnim planom iz 2005. predviđen predmet Geomatematika s ovim sadržajem: matematička logika, vjerojatnost, statistika, slučajna varijabla, zakoni razdiobe, planiranje statističkog istraživanja, prikupljanje i statistička obrada podataka, raspodjela

podataka u razrede – tematska kartografija, frekvencija i relativna frekvencija, aritmetička sredina i druge sredine, standardna devijacija, pregled statističke dokumentacije, statistički podaci na internetu, statistički softver, statistička analiza geoprostornih podataka, geostatistika, variogram, krigiranje, regularizacija prostorne varijable – primjena na digitalni model reljefa, analiza trenda, metoda klizne sredine, aproksimacija polinomima, trigonometrijskim funkcijama i splajnovima (splajn, tj. engl. "spline", je između ostaloga naziv za matematičku krivulju koja se po dijelovima sastoji od polinoma, s tim da su u točkama spajanja svaka dva polinoma postavljeni uvjeti na neprekidnost kako funkcije, tako i njezinih derivacija čime je postignuta "glatkoća" krivulje), korelacija, analiza regresije, linearna regresija. Taj je kolegij trebalo početi u ak. god. 2009./2010., no zbog promjene nastavnoga plana on više ne postoji u nastavnom planu diplomskoga studija na Odjelu za geografiju Sveučilišta u Zadru.



Slika 3. Odnos matematike, geomatematike i geoznanosti.

## 7. Zaključak

Na temelju svega izloženoga predlažemo ovu definiciju:

Geomatematika ili matematička geoznanost je (znanost) znanstvena disciplina koja se bavi povezivanjem matematike i geoznanosti. To je primjena matematike na geoznanstvene probleme te razvoj matematičkih metoda pogodnih za takve primjene i za formuliranje geoznanstvenih teorija. Tom znanstvenom disciplinom proučava se matematička priroda pojava i procesa na Zemlji, u njoj i oko nje.

Možda će tvrdnja da je geomatematika geoznanost nekima izgledati neobična, no činjenica je da se geomatematikom ne bave samo matematičari, nego uglavnom geoznanstvenici, dakle stručnjaci kojima matematika nije osnovno područje djelovanja. Nadalje, ako su geofizika i geokemija izdvojene kao posebne geoznanosti, bez problema se takvo pravilo može primijeniti i na geomatematiku. Da je geomatematika dio matematike mislimo da ne treba posebno obrazlagati. S druge strane, matematička geodezija, matematička geologija, matematička kartografija, matematička geofizika, matematička geografija i druge matematičke geoznanosti su dio geomatematike (*Slika 3*). No, dok je u njima težište na primjeni matematičkih metoda u predmetnim geoznanostima, kod geomatematike je uz primjenu, naglašen i teorijski razvoj matematičkih metoda i tehnika koje se u tim geoznanostima kasnije mogu primijeniti.

Na kraju, ponovimo još jednom kako geomatematiku ne treba povezivati isključivo s geologijom ili smatrati sinonimom za matematičku geologiju. Mnoga područja matematike uspješno se primjenjuju u geoznanostima, npr. geodeziji, geofizici, oceanografiji, geografiji, geokemiji i drugima, otvarajući tako vrata prihvaćanju pojma geomatematike u službenim podjelama i nomenklaturama.

## Literatura

- MALVIĆ, T. (2007): Geomatematika. *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva*, 44/1, 6-15.
- MALVIĆ, T., CVETKOVIĆ, M. i BALIĆ, D. (2008): Geomatematički rječnik. Hrvatsko geološko društvo – Geomatematički odsjek, Zagreb, 74 str.
- Nacionalno vijeće za znanost (2008): Pravilnik o znanstvenim i umjetničkim područjima, poljima i granama, *Narodne novine* br. 78/08.
- Nacionalno vijeće za znanost (2009): Pravilnik o znanstvenim i umjetničkim područjima, poljima i granama, *Narodne novine* br. 118.
- Springer News (2008): Bonham-Carter, G., Cheng, Q. (eds.): *Progress in Geomathematics*, Springer News 9/2008, *Earth Sciences / Geography*, 103.

## Internetski izvori:

- URL 1: Earth Science, Wikipedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Earth\\_science](http://en.wikipedia.org/wiki/Earth_science) (29. 12. 2009.)
- URL 2: Bárdossy, G.: Geomathematics in Hungarian Geology, *Journal of Hungarian Geomathematics*, Vol. 1, 1-4. [http://tkde4.sci.u-szeged.hu/foldtan/geomatematikai\\_szakosztaly/JHG/default.htm](http://tkde4.sci.u-szeged.hu/foldtan/geomatematikai_szakosztaly/JHG/default.htm) (29. 12. 2009.)
- URL 3: Dictionary.com's 21st Century Lexicon <http://dictionary.reference.com/browse/geomathematics> (29. 12. 2009.)
- URL 4: Geophysics, Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/Geophysics> (29. 12. 2009.)
- URL 5: Cserepes, L.: Geophysics and Geomathematics in Hungary, *Journal of Hungarian Geomathematics*, Vol. 1, 5-6 [http://tkde4.sci.u-szeged.hu/foldtan/geomatematikai\\_szakosztaly/JHG/default.htm](http://tkde4.sci.u-szeged.hu/foldtan/geomatematikai_szakosztaly/JHG/default.htm) (29. 12. 2009.)
- URL 6: International Association for Mathematical Geosciences – IAMG <http://www.iamg.org> (29. 12. 2009.)

URL 7: AG Geomathematik, TU Kaiserslautern

[http://www.mathematik.uni-kl.de/~wwwgeo/research\\_ger.html](http://www.mathematik.uni-kl.de/~wwwgeo/research_ger.html) (29. 12. 2009.)

URL 8: Geomatematička sekcija Hrvatskoga geološkog društva

<http://www.geologija.hr/geomat.php> (29. 12. 2009.)

URL 9: GEM – The International Journal on Geomathematics

<http://www.springer.com/math/applications/journal/13137> (29. 12. 2009.)

URL 10: Journal of Hungarian Geomathematics

[http://tkde4.sci.u-szeged.hu/foldtan/geomatematikai\\_szakosztaly/JHG/default.htm](http://tkde4.sci.u-szeged.hu/foldtan/geomatematikai_szakosztaly/JHG/default.htm) (29. 12. 2009.)

URL 11: Handbook of Geomathematics

<http://www.springer.com/math/applications/book/978-3-642-01547-2> (29. 12. 2009.)

URL 12: Geomatematika na the University of Hawai'i at Manoa

<http://www.soest.hawaii.edu/oceanography/courses/OCN312/syllabusFall2009.pdf> (29. 12. 2009.)

## KOMENTAR: GEOLOŠKI STUP - NIJE "INSTALACIJA"

Srećko BOŽIČEVIĆ



Kada sam navečer po povratku s našeg susreta geologa iz P. D. "Runolist" došao u svoj dom, na upaljenom televizoru upravo su davali vijesti iz proteklog dana. Na Programu TV Nove registrirana su događanja tog dana, kada sam najednom ugledao ravnateljicu Parka Prirode Medvednica, *dipl. ing. šumarstva Nives Farkaš-Topolnik!* Stajala je uz novo postavljene GEOLOŠKI STUP (koji sam tog

jutra pri prolazu snimio!) te okupljenoj grupi ljudi (snimljeni s leđa!) objašnjava, kako je ova nova KAMENA INSTALACIJA postavljena ovdje u čast proslave Dana planeta Zemlje.

Kako su mi slični uradci ili prezentacije geološke prošlosti već poznati – od onog u našem Muzeju u Demetrovoj 1 te u Jankovcu na Papuku i drugdje po Hrvatskoj – iznenadila