

## MLADEN ZRINJSKI, DOKTOR TEHNIČKIH ZNANOSTI



Mladen Zrinjski obranio je 8. travnja 2010. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu doktorsku disertaciju *Definiranje mjera kalibracijske baze Geodetskog fakulteta primjenom preciznog elektrooptičkog daljinomjera i GPS-a*. Doktorska disertacija obranjena je pred povjerenstvom u sastavu prof. dr. sc. Vedran Mudronja s Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, prof. dr. sc. Tomislav Bašić (1. mentor) i prof. emer. dr. sc. Nikola Solarić (2. mentor). Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije bilo je u istom sastavu.

Mladen Zrinjski rođen je 7. lipnja 1972. godine u Varaždinu. Osnovnu školu završio je u Novome Marofu. Građevinski obrazovni centar "Zvonko Brkić", smjer geodetski tehničar, pohađao je u Čakovcu i maturirao 1991. godine s izvrsnim uspjehom (bio je

oslobođen polaganja mature zbog uspjeha tijekom školovanja). U četvrtom razredu srednje škole ostvario je plasman na državno natjecanje iz matematike.

Na Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, studij više stručne spreme, upisao se 1991. godine. Tijekom studija obavljao je demonstrature iz kolegija Niža geodezija I i Niža geodezija II na Geodetskom fakultetu te Geodezija na Građevinskom fakultetu. Kao apsolvent radio je u geodetskim tvrtkama MG-geodetska poslovnica u Zagrebu te LIVEL-HORVAT u Makarskoj. Diplomirao je 26. rujna 1996. godine s izvrsnim uspjehom na temu *Izradba GIS-a – uporaba tematskog zemljovida kao baze podataka*, pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Teodora Fiedlera.

Na sveučilišni dodiplomski studij Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu upisao se u listopadu 1996. godine. Tijekom studija obavljao je demonstrature iz kolegija Fizikalna geodezija I i Satelitska geodezija II. Od ak. god. 1996./1997. pa do kraja studija primao je državnu stipendiju Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske za iznimno nadarene studente. Studij je završio na usmjerenju Satelitska i fizikalna geodezija. Diplomirao je 19. siječnja 2001. godine s izvrsnim uspjehom na temu *Obrada i izjednačenje GPS mreže Našica*, pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Tomislava Bašića.

Po završetku studija zaposlio se u geodetskoj tvrtki GIM d. o. o. u Varaždinu.

Od 1. studenoga 2001. godine zaposlen je na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u zvanju znanstvenog novaka – asistenta. U siječnju 2002. godine upisao se na poslijediplomski znanstveni studij za stjecanje magisterija znanosti, usmjerenje Satelitska i fizikalna geodezija. Ispunivši propisane uvjete, u lipnju 2003. godine, upisao se na poslijediplomski znanstveni studij za stjecanje doktorata znanosti, usmjerenje Satelitska i fizikalna geodezija.

Državni stručni ispit položio je u siječnju 2006. godine.

U nastavi obavlja vježbe iz kolegija: Praktična geodezija I, Praktična geodezija II, Praktična geodezija III, Geodetski instrumenti, Izmjera zemljišta i Terenska mjerenja na Geodetskom fakultetu te Geodezija na Građevinskom fakultetu u Zagrebu. Aktivno je sudjelovao na studentskim praksama usmjerenja Satelitska i fizikalna geodezija 2001. godine u Rabu, te usmjerenja Inženjerska geodezija i upravljanje prostornim informacijama 2005. godine u Milni na otoku Braču. Do sada je bio voditelj 16 diplomskih radova.

Najbolje je ocijenjen nastavnik u studentskoj anketi na Geodetskom fakultetu u ljetnom semestru ak. god. 2005./2006. Najbolje je ocijenjeni nastavnik u studentskoj anketi na Geodetskom fakultetu u ljetnom semestru ak. god. 2006./2007. (unutar 5% najbolje ocijenjenih nastavnika na Sveučilištu u Zagrebu).

Bio je suradnik na domaćim znanstvenim projektima *Geodetske metode mjerenja i njihove automatizacije* te *Automatizirane geodetske metode mjerenja*, koji su se izvodili za Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske. Također je bio suradnik na

međunarodnom znanstvenom projektu *CERGOP-2, a Multipurpose and Interdisciplinary Sensor Array for Environmental Research in Central Europe*. Trenutačno je suradnik na znanstvenom projektu *Geopotencijal i geodinamika Jadrana (Geo++Adria)*, koji se izvodi za Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, voditelj kojega je prof. dr. sc. Tomislav Bašić. Sudjeluje i na znanstvenostručnim projektima za potrebe Državne geodetske uprave. Do sada je samostalno i u koautorstvu objavio 14 znanstvenih i stručnih članaka u časopisima i zbornicima znanstvenostručnih skupova te 24 priloga. Tehnički je urednik znanstvenog časopisa *Geodetski list*.

U stručnom radu obavlja poslove iz domene satelitske i primijenjene geodezije. Sudjelovao je u ispitivanju i umjeravanju pedesetak geodetskih instrumenata i uređaja u Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta.

Bio je enciklopedijski suradnik pri izradi Enciklopedije hrvatskih prezimena.

Mladen Zrinjski član je Hrvatskoga geodetskog društva – Udruge geodeta Varaždinske županije, Hrvatske komore ovlaštenih inženjera geodezije, Hrvatskoga matematičkog društva te Društva sveučilišnih nastavnika i drugih znanstvenika. Član je Državnog povjerenstva za provedbu natjecanja i smotri učenika graditeljskih i geodetskih škola Republike Hrvatske. Predsjednik je Povjerenstva za sastavljanje zadataka za državno natjecanje učenika geodetskih škola Republike Hrvatske i autor je zadataka. Član je Tehničkog odbora 172 – Optika i optički instrumenti u Hrvatskom zavodu za norme. Zamjenik je voditelja Laboratorija za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta. Glavni je sindikalni povjerenik Nezavisnog sindikata znanosti i visokog obrazovanja Republike Hrvatske na Geodetskom fakultetu.

Rukopis doktorske disertacije sadrži 186 stranica formata A4, naslov, sažetak i ključne riječi na hrvatskom i engleskom jeziku, popis tablica, popis slika, kratki životopis autora i CD. Rad je podijeljen u 11 osnovnih poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled dosadašnjih radova i iskustava
3. Kalibracijska baza Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
4. Mjerenje duljina elektrooptičkim daljinomjerom
5. Mjerenje vektora GPS-om
6. Praktična mjerenja
7. Obrada podataka mjerenja
8. Analiza rezultata obrade
9. Poželjna daljnja istraživanja
10. Zaključak
11. Literatura

U prvom poglavlju opisana je ideja i motivacija za izradu doktorske disertacije. Također, definiran je cilj disertacije i ukratko je opisan plan za provedbu istraživanja. Dana je definicija preciznog mjerenja duljina kao mjernog postupka, a iskazana je pomoću relativne točnosti. Prikazane su metode preciznog mjerenja duljina koje se danas primjenjuju u geodeziji. Dan je pregled nekoliko preciznih elektrooptičkih daljinomjera. Objašnjena je važnost i zakonska obveza periodičnog umjeravanja kalibracijske baze Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kao osnove za umjeravanje elektrooptičkih daljinomjera, GNSS-instrumenata i drugih mjerila za duljine.

Pregled dosadašnjih radova i iskustava u Republici Hrvatskoj te u svijetu dan je u drugom poglavlju. Ukratko su obrađeni radovi u kojima su opisana umjeravanja kalibracijske baze Geodetskog fakulteta primjenom klasičnih terestričkih metoda i GPS-tehnologije. Također su prikazana dva najvažnija rada iz ovog područja koja su objavljena u svijetu.

U trećem poglavlju detaljno je opisana kalibracijska baza Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na kojoj su obavljena sva mjerenja. Tablično je prikazan popis najpoznatijih kalibracijskih baza sa stupovima u svijetu te je dana njihova duljina.

Pogreške daljinomjera, koje utječu na precizno mjerenje duljina, detaljno su objašnjene u četvr-tom poglavlju. Dani su matematički izrazi za korekcije i redukcije koje je potrebno uzeti u ra-čun prilikom mjerenja duljina preciznim elektrooptičkim daljinomjerom na kalibracijskoj bazi.

U petom poglavlju objašnjen je utjecaj multipath efekta na GPS-mjerenja te su dani mate-matički izrazi za računanje MP1 i MP2. Dan je teorijski prikaz ekscentriciteta faznog sre-dišta antene te njegove varijacije. Kako su sva GPS-mjerenja obavljena GPS-antenama Zephyr Geodetic, detaljno su objašnjena fizikalna svojstva i karakteristike te antene.

Praktična mjerenja opisana su vrlo detaljno u šestom poglavlju. Za umjeravanje kalibracij-ske baze Geodetskog fakulteta primijenjene su dvije neovisne metode. Mjerenja su obavlje-na preciznim elektrooptičkim daljinomjerom Leica TCA2003 te GPS-prijamnicima Trimble 5700/R7 i antenama Zephyr Geodetic. U disertaciji je prvi puta primijenjeno automatizirano mjerenje atmosferskih parametara i njihova obrada prilikom preciznog mjerenja duljina na kalibracijskoj bazi. Atmosferski parametri mjereni su s pomoću dva senzora Vaisala WXT510. Za automatizirano prikupljanje, pohranjivanje i obradu atmosferskih parametara primijenjen je softver WeatherTransmitter. Izrađen je isključivo za potrebe ove disertacije i buduća umjeravanja na kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta. U mjerenje je uključena i trigonometrijska točka I. reda Brusnik, kako bi se povećala duljina za ispitivanje GNSS-in-strumenata. Odabrana je točka Brusnik, jer je to točka s najpreciznije određenim položaj-nim koordinatama u Republici Hrvatskoj. Također su dana dva izvješća o seizmičkim aktiv-nostima na području Republike Hrvatske, a koje su se dogodile za vrijeme GPS-opažanja.

Cjelokupna obrada podataka mjerenja izložena je u sedmom poglavlju. Za GPS-mjerenja obavljeno je ispitivanje utjecaja multipath efekta MP1 i MP2 te broja registriranih opažanja s GPS-satelita. Obradom GPS-vektora izračunate su duljine između stupova kalibracijske baze i standardna odstupanja sredina duljina. Koordinate stupova kalibracijske baze i Brusnika određene su primjenom CROPOS-a i njegovog servisa GPPS. Kao konačan rezul-tat dobivene su koordinate stupova kalibracijske baze i Brusnika u ETRS89 ( $e=1989.0$ ), službenom položajnom datumu Republike Hrvatske. U disertaciji su po prvi puta određene koordinate stupova kalibracijske baze Geodetskog fakulteta u službenome nacionalnom da-tumu, primjenom CROPOS-a. Prikaz rezultata obrade atmosferskih parametara dan je za vremensko razdoblje mjerenja duljina elektrooptičkim daljinomjerom. Određena je periodij-ska pogreška daljinomjera i uzeta je u račun pri izjednačenju duljina na kalibracijskoj bazi, kao i pri računanju adicijske korekcije. Dan je prikaz računanja raspona između stupova kalibracijske baze iz mjerenja dobivenih s pomoću TCA2003 te su izračunata standardna odstupanja mjerenja duljina i standardna odstupanja određivanja raspona stupova. U Labo-ratoriju za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta napravljeno je automatizirano umjeravanje frekvenmetra s pomoću GPS-signala i mjerenje frekvencije u elektrooptičkom daljinomjeru TCA2003, čime je izračunata multiplikacijska konstanta.

U osmom poglavlju prikazana je analiza rezultata obrade. Dana je usporedba konačnih du-ljina između stupova kalibracijske baze, dobivenih elektrooptičkim daljinomjerom TCA2003 i GPS-om. Za sve mjerene duljine raspona stupova baze dobivene su razlike TCA2003-GPS manje od 1 mm. Na 1000 m ta razlika bila je 0,39 mm, što ukazuje da je mjerilo kalibracijske baze Geodetskog fakulteta određeno s točnošću boljom od 1 mm. Osim toga, iz dobivenih re-zultata, vidi se da se GPS-mjerenjima može dobro kontrolirati duljinu baze, izmjerenu preciz-nim elektrooptičkim daljinomjerom, i biti siguran da u mjerenjima s daljinomjerom nema ve-ćih sustavnih pogrešaka. Predznak kod svih razlika duljina je minus, što znači da su sve du-ljine dobivene GPS-om veće od istih dobivenih s pomoću TCA2003. Statističko testiranje srednjih vrijednosti duljina dvaju mjernih nizova (GPS i TCA2003) napravljen je primjenom  $t$ -testa. Taj test pokazao je da oba mjerna niza imaju iste srednje vrijednosti, što je bilo i za očekivati, jer su sve razlike srednjih vrijednosti duljina (TCA2003-GPS) manje od 1 mm. Pri-kazana je analiza pomaka stupova na kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta, za razdoblje od 1996. do 2009. godine. Dana je procjena nesigurnosti A i B vrste mjerenja duljine, od 0,3 mm na 1000 m, pri mjerenju na kalibracijskoj bazi s pomoću TCA2003.

Detaljan popis poželjnih daljnjih istraživanja na području umjeravanja te održavanja i razvoja kalibracijske baze Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu naveden je u devetom poglavlju.

U desetom poglavlju navedeni su svi zaključci koji su proistekli iz istraživanja provedenih u doktorskoj disertaciji. Također su navedene preporuke za buduća umjeravanja kalibracijske baze primjenom GPS-a (GNSS-a). Poseban znanstveni doprinos ove disertacije je što je u njoj detaljno istraženo i potvrđeno da se umjeravanje kalibracijske baze (umjerene s TCA2003) može kontrolirati potpuno neovisnom metodom, s pomoću GPS-a, a uskoro još točnije GNSS-om, za velike duljine od 100 do 1000 m. To sada omogućuje da se više neće morati izvoditi često vrlo skupe međunarodne usporedbe između kalibracijskih baza. Umjeravanje kalibracijske baze Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu potrebno je provoditi svake dvije godine, što je i obveza prema Zakonu o mjeriteljstvu i donesenim Naredbama. Pri tome je potrebno primijeniti dvije neovisne metode: precizni elektrooptički daljinomjer i GPS (GNSS).

Popis literature sa 116 naslova i 18 URL-adresa dan je u jedanaestom poglavlju.

Na kraju disertacije dan je popis tablica, popis slika, kratki životopis autora i CD.

Na osnovi pregleda i vrednovanja doktorske disertacije pristupnika Mladena Zrinjskog, dipl. ing. geod., članovi Povjerenstva za ocjenu zaključili su da je pristupnik u svojoj disertaciji dao više vrijednih znanstvenih doprinosa u području satelitske i primijenjene geodezije. Poseban znanstveni doprinos ove doktorske disertacije je što je u njoj detaljno istraženo i potvrđeno da se za umjeravanje kalibracijske baze mogu primijeniti dvije potpuno neovisne metode: precizni elektrooptički daljinomjer i GPS (GNSS), te na taj način s dvije neovisne metode kontrolirati duljinu baze. Ovako umjerena kalibracijska baza Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu služi kao osnova za periodična umjeravanja elektrooptičkih daljinomjera i GNSS-instrumentata (ali i drugih mjernih instrumenata i uređaja za mjerenje duljina), što je i obveza prema Zakonu o mjeriteljstvu i donesenim Naredbama.

*Tomislav Bašić i Nikola Solarić*

## DIPLOMIRALI NA GEODETSKOM FAKULTETU

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, od 27. veljače do 28. svibnja 2010. godine, na sveučilišnome dodiplomskom studiju diplomiralo je 27 pristupnika.

Pregled diplomiranih inženjera geodezije:

<b>Pristupnik</b> <b>Naslov diplomskog rada</b>	<b>Datum obrane, mentor</b>
<i>Tonči Ančić</i> "Nadzemna geodetska osnova tunela Sv. Ilija"	16. 04. 2010., prof. dr. sc. Marko Džapo
<i>Nino Barić</i> "Geomarketing Zadarske županije"	16. 04. 2010., doc. dr. sc. Vlado Cetl
<i>Kristijan Hubak</i> "Relativna gravimetrijska izmjera metodama zvijezde i profila"	16. 04. 2010., prof. dr. sc. Tomislav Bašić
<i>Irena Iličić</i> "Izrada interaktivnog plana grada Bjelovara"	16. 04. 2010., prof. dr. sc. Stanislav Frangeš
<i>Antonija Majić</i> "Primjena digitalnog nivelira u visokogradnji"	16. 04. 2010., prof. dr. sc. Zlatko Lasić
<i>Kristina Mirčetić</i> "Menadžment i marketing kao preduvjet poslovnog uspjeha"	16. 04. 2010., prof. dr. sc. Zdravko Kapović
<i>Ivan Škeva</i> "Usporedba topografsko-katastarskih planova i posebnih geodetskih podloga"	16. 04. 2010., prof. dr. sc. Mira Ivković
<i>Jelena Vuk</i> "GIS sociološko-prostornih odnosa Republike Hrvatske"	16. 04. 2010., doc. dr. sc. Dubravko Gajski