

## Dražen Tutić, PhD in Technical Sciences

Dražen Tutić defended his PhD thesis *Stereographic and Other Conformal Map Projections for Croatia* at the Faculty of Geodesy of the University of Zagreb on August 4, 2009. The thesis was evaluated by the Committee: Prof. Emeritus Nedjeljko Frančula, Prof. Dr. Miljenko Lapaine (mentor) and Prof. Dr. Dušan Petrovič from the Faculty of Civil and Geodetic Engineering of the University of Ljubljana.

Dražen Tutić was born in Zagreb on July 29, 1973. He finished elementary school in Kloštar Ivanič and the high school "Ruđer Bošković" in Zagreb. He graduated from the Faculty of Geodesy of the University of Zagreb in 1998. He finished the post-graduate studies in Photogrammetry and Cartography at the same Faculty in 2005 by defending the Master's thesis *New Improved Software for DeSKan Express 5.0*.

He has worked at the Institute for Cartography of the Faculty of Geodesy as a junior researcher – assistant since 2000. He collaborated on scientific projects Croatian Cartography – Scientific Basis and Cartography and New Technologies. Currently, he collaborates on the scientific project Cartography of the Adriatic Sea. He published more than 20 articles in journals and proceedings. He participated in several scientific and professional conferences as a co-author. He is member of the Croatian Cartographic Society (secretary 2002–2006) and the International Society for Geometry and Graphics. He was awarded the Rector's Award in 1997 for student work Elements of Spatial Data Quality.

The PhD thesis *Stereographic and Other Conformal Map Projections for Croatia* has 111 A4 pages, including 34 figures, 23 tables, 57 references, a summary in Croatian and English, a brief biography and a CD. The thesis is divided into following chapters:

1. Introduction
2. Previous works
3. Area of Croatia
4. Criteria for evaluation and selection of map projection
5. Methodology for finding optimal projection parameters
6. Mercator projection
7. Lambert conformal conical projection
8. Gauss-Krüger projection
9. Stereographic projection of rotational ellipsoid
10. Lagrange projection
11. Conformal polynomial projections
12. Conclusion

The author investigates conformal map projections for the region of Croatia. The GRS80 ellipsoid is used as the Earth's model. The region of Croatia is defined as the union of the state territory and the continental shelf. As a special case, only the



land area of Croatia is considered. In his research on map projections, the author for the first time takes into account the irregularity of the Croatian region defined by borders.

Besides the imposed property of angle preservation (conformality), properties of map projections are investigated by two analytical criteria, the Airy/Jordan criterion and the criterion of the minimum maximum absolute linear distortion. For the first time, these criteria were used in this manner for evaluation and selection of map

projections for Croatia.

Conformal map projections which were used or are still in use to represent Croatia on maps have been analyzed. The description, necessary equations and a brief analysis for each of them are given. Values of criteria are calculated for each such map projection and its version. New optimal map projections are those which have the minimum value of selected criteria. Following map projections are investigated in this first group:

1. Mercator projection
2. Lambert's conformal conical projection and
3. Gauss-Krüger (transverse Mercator) projection.

### *Stereographic and Other Conformal Map Projections for Croatia*

The next scientific contribution is the investigation of other conformal map projections which have not yet been analysed or applied to Croatia. Their descriptions and equations are given. The optimal versions for each such projection for the region of Croatia are calculated and presented according to the two defined criteria. Versions considered as optimal are those which have small (possibly the smallest) value of selected criteria. The reason for this limitation is a more complex form of distortions over a complex form of the region. Thus, it is not always possible to state that the minimum value of the criterion which was found is the smallest possible. The following conformal map projections that were not analyzed for the region of Croatia up to today are:

1. Stereographic projection of rotational ellipsoid,
2. Lagrange projection and
3. Conformal polynomial projections.

A numerical approach to finding optimal map projections is proposed and applied. In the thesis, one can find 30 new conformal projections for Croatia, and the analyses of 5 projections in use.

Chapters 6 to 11 are dedicated to individual map projections. At the end of each chapter, new optimal variants of the

## Dražen Tutić, doktor tehničkih znanosti

Dražen Tutić obranio je 4. kolovoza 2009. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu disertaciju *Stereografska i druge konformne projekcije za Hrvatsku*. Doktorski rad obranjen je pred povjerenstvom u sastavu prof. emeritus Nedjeljko Frančula, prof. dr. sc. Miljenko Lapaine (mentor) i prof. dr. sc. Dušan Petrović s Fakultete za gradbeništvo in geodeziju Univerze v Ljubljani.

Dražen Tutić rodio se u Zagrebu, 29. VI. 1973. Osnovnu školu pohađao je u Kloštar Ivaniću. Maturirao je na srednjoj školi "Ruđer Bošković" u Zagrebu. Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je 1998. Poslijediplomski studij, usmjerenje Fotogrametrija i kartografija na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu završio je 2005. godine obranom magistarskog rada pod naslovom *Poboljšanje upravljačkog programa za DeSKan Express 5.0*.

Od 1998. radi u Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta, a od 2000. godine je znanstveni novak – asistent. Sudjelovao je na znanstvenim projektima Hrvatska kartografija – znanstvene osnove i Kartografija i nove tehnologije. Suradnik je na znanstvenom projektu Kartografija Jadrana. Objavio je dvadesetak članaka u časopisima i zbornicima znanstveno-stručnih skupova. Sudjelovao je s radovima u koautorstvu na nekoliko znanstveno-stručnih skupova. Član je Hrvatskoga kartografskog društva (tajnik 2002–06) i International Society for Geometry and Graphics. Godine 1997. dobio je Rektorovu nagradu za studentski rad pod naslovom Elementi kvalitete prostornih podataka.

Rukopis doktorske disertacije *Stereografska i druge konformne projekcije za Hrvatsku* sadrži 111 stranica formata A4, uključivši 34 slike, 23 tablice, popis literature s 57 naslova, sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku, kratki životopis i CD. Disertacija je podijeljena na ova osnovna poglavlja:

1. Uvod
2. Dosadašnji radovi
3. Područje Hrvatske
4. Kriteriji za procjenu i izbor projekcije
5. Metodologija za nalaženje optimalnih varijanti
6. Mercatorova projekcija
7. Lambertova konformna konusna projekcija
8. Gauss-Krügerova projekcija
9. Stereografska projekcija rotacijskog elipsoida
10. Lagrangeova projekcija
11. Konformna polinomne projekcije
12. Zaključak

U disertaciji autor istražuje konformne kartografske projekcije za područje Hrvatske. Za Zemljin model uzima rotacijski elipsoid GRS80. Za područje Hrvatske uzima uniju državnog teritorija i epikontinentalnoga morskog pojasa, a izuzetno se razmatra i samo kopneno područje Hrvatske. Autor po prvi

puta u razmatranje uzima nepravilnost hrvatskoga područja određenoga granicama.

Dodatna svojstva, osim zadanoga svojstva konformnosti, istražuje na temelju dva analitička kriterija, Airy/Jordanovog kriterija i kriterija najmanje najveće apsolutne linearne deformacije koji su i po prvi put na ovaj način upotrijebljeni za izbor i ocjenu kartografskih projekcija za područje Hrvatske.

Analizirane su konformne kartografske projekcije koje su se do sada upotrebljavale ili se još uvijek upotrebljavaju za prikaz Hrvatske. Dan je njihov opis, formule i kratka analiza. Izabrani kriteriji izračunani su za svaku takvu projekciju i varijantu, a na kraju je dana i optimalna varijanta po oba kriterija. Pod optimalnom varijantom podrazumijeva se ona za koju je vrijednost izabranih kriterija najmanja. U toj, prvoj skupini, istražene su sljedeće projekcije:

1. Mercatorova (uspravna konformna cilindrična) projekcija,
2. Lambertova konformna konusna projekcija i
3. Gauss-Krügerova (poprečna konformna cilindrična) projekcija.

### *Stereografska i druge konformne projekcije za Hrvatsku*

Sljedeći znanstveni doprinos je istraživanje nekih drugih konformnih projekcija koje se do sada nisu analizirale ili primjenjivale za područje Hrvatske. Dan je njihov opis i formule. Dane su optimalne varijante tih projekcija za područje Hrvatske i izabrane kriterije. Pod optimalnim varijantama smatraju se one koje imaju malu (po mogućnosti najmanju) vrijednost izabranih kriterija. Razlog tom ograničenju je složeniji raspored deformacija zbog kojeg nije uvijek moguće tvrditi da je pronađena mala vrijednost kriterija ujedno i najmanja moguća. Projekcije koje do sada nisu ispitivane za prikaz područja Hrvatske su:

1. stereografska projekcija rotacijskog elipsoida,
2. Largangeova projekcija i
3. konformne polinomne projekcije.

Predložen je i upotrijebljen numerički pristup nalaženju optimalnih varijanti projekcija. Sveukupno, definirano je 30 novih konformnih projekcija, te analizirano 5 postojećih.

Poglavlja 6. do 11. posvećena su pojedinim projekcijama. Na kraju pojedinog poglavlja daju se nove optimalne varijante tih projekcija po kriteriju Airy/Jordana i po kriteriju najmanje najveće apsolutne linearne deformacije. Za svaku optimalnu projekciju daju se numeričke vrijednosti i karta s veličinom i rasporedom deformacija u toj projekciji. Izuzetak čine polinomne projekcije 7. do 10. stupnja za koje se daje samo vrijednost kriterija, a numeričke vrijednosti se nalaze na CD-u koji je sastavni dio

projections are given according to the criteria of Airy/Jordan and minimum maximum absolute linear distortion. For each optimal map projection, numerical values of the parameters are given together with a map showing the value and distribution of linear errors. Polynomial conformal projections of the 7th to 10th degree are exceptions, their values are given on the CD which is a part of the thesis. For the 10th degree of the polynomial conformal projections, a map showing the value and distribution of the linear errors is given.

The new results of this work are primarily new conformal map projections for Croatia. Better conformal map projections are found according to the imposed criteria. For example, some optimal projections have only 20% of the criterion value

in existing projections. Nevertheless, as it is emphasized in the conclusion, there are still possibilities of finding even more optimal projections for Croatia. The second contribution is the compendium of existing and new map projections for Croatia defined in a systematic manner and by the same criteria.

Based on reviewing and evaluating Dražen Tutić's PhD thesis, members of the Committee concluded that the author made a valuable contribution to modern Croatian cartography, which is especially true for the systematic comparison of existing and new optimal conformal map projections for Croatia based on same criteria and the same region.

M. Lapaine

## Danko Markovinović, PhD in Technical Sciences

Danko Markovinović defended his dissertation *Gravimetric Reference System of the Republic of Croatia* at the Faculty of Geodesy of the University of Zagreb on October 16, 2009. The dissertation was defended in front of the committee: Prof. Dr. Mario Brkić, Prof. Dr. Tomislav Bašić (mentor) and Assist. Prof. Dr. Miran Kuhar from the Faculty of Civil Engineering and Geodesy of the University of Ljubljana.

Danko Markovinović was born in Vinkovci on July 27, 1967. After finishing elementary school, he attended the "Matija Antun Reljković" Education Centre in Vinkovci. In 1994, he graduated from the Faculty of Geodesy of the University of Zagreb, where he also received his MSc degree in 2001 by defending his master's thesis *First Order Gravimetric Grid and Gravimetric Calibration Base of the Republic of Croatia*. In 2006, he passed the state professional exam for adjunct of type I. He has been employed at the Faculty of Geodesy of the University of Zagreb since 1995.

The evaluation committee's report reads as follows.

The manuscript of the doctoral dissertation *Gravimetric Reference System of the Republic of Croatia* contains 210 A4 pages, the list of 111 references, 27 URL pages, abstracts in Croatian and English, the list of tables, the list of figures and the author's brief biography. The thesis is divided into ten basic chapters:

1. Introduction
2. Theory of the Earth's gravitational field
3. Methods of gravimetric measurement
4. Absolute gravimeters
5. Relative gravimeters
6. Gravimetric networks
7. Absolute gravimetric network of the Republic of Croatia
8. Basic gravimetric network of the Republic of Croatia
9. Gravimetric network of the City of Zagreb
10. Conclusion

After a brief description of the thesis's aim and content in the first chapter, the second chapter provides basic theories



of the Earth's gravitational field. It explains main terms related to the research – gravimetry, i.e. the theory of the Earth's gravitational field and gravity acceleration time changes from the gravity constant change in time to the effect of Earth's tidal waves and water masses.

The third chapter concerns gravimetric measurement methods. It explains absolute and relative gravimetric measurement methods, from methods which are bases of relative and absolute gravimeters to measured physical values and error effects and sources. It also explains the types, i.e. reasons to establish calibration bases for calibration of measuring equipment. A separate part explains the vertical gradient and presents methods of reducing gravity acceleration from the referent gravimeter height to the point itself.

The fourth chapter explains in detail the working mode of the most modern and reliable absolute gravimeter FG-5 and additionally compares FG5-L to the first truly portable gravimeter A-10 in the sense of accuracy and measurement replication. An overview was made of analyzing absolute gravimetric measurement and corrections which have to be taken into consideration.

The fourth chapter explains in detail the working mode of the most modern and reliable absolute gravimeter FG-5 and additionally compares FG5-L to the first truly portable gravimeter A-10 in the sense of accuracy and measurement replication. An overview was made of analyzing absolute gravimetric measurement and corrections which have to be taken into consideration.

In order to realize regional (gravimetric networks of one or several countries), local (city) or microgravimetric networks, relative gravimeters are used. Therefore, the fifth chapter contains a detailed review of the measuring system of the most modern relative gravimeter Scintrex AutoGrav CG-5, which was used to measure new gravimetric networks and the vertical gradient in Croatia. Working mode and gravity acceleration signal obtained with the instrument are analyzed in great detail. All essential corrections for relative gravimetric measurements are analyzed. There is a special overview of gravity acceleration correction due to Earth's tidal waves and subterranean waters in order to better understand gravity change in time.

The sixth chapter analyzes issues of defining gravimetric reference systems and dates. It also explains types of gravimetric networks and possibilities of their adjustment.

The seventh chapter concerns the state of the absolute gravimetric network of the Republic of Croatia. A comprehensive analysis was made of the available official material related to absolute measurement on the territory of Croatia for each absolute gravimetric point. Special attention was paid to data comparison in points where two measurement series were

disertacije. Za polinomne projekcije 10. stupnja daju se i karte s veličinom i rasporedom linearnih deformacija.

Novi rezultati ovoga rada su prvenstveno nove konformne kartografske projekcije za Hrvatsku. U smislu postavljenih kriterija dobivene su bolje konformne projekcije od postojećih. Primjerice, kod nekih optimalnih projekcija najmanje vrijednosti kriterija dostižu samo 20% vrijednosti istih kriterija u postojećim projekcijama. Međutim, kako je to u zaključku navedeno, mogućnosti za nalaženje još optimalnijih konformnih projekcija za Hrvatsku ipak ima. Drugi doprinos je sistematizirani i po

jedinstvenim kriterijima dobiveni pregled postojećih i novih konformnih kartografskih projekcija za Hrvatsku.

Na osnovi pregleda i vrednovanja doktorskog rada mr. sc. Dražena Tutića članovi Povjerenstva zaključili su da je pristupnik dao u svom radu vrijedan znanstveni doprinos suvremenoj hrvatskoj kartografiji, posebno da je po prvi put na temelju jedinstvenih kriterija i za isto područje na sustavan način usporedio dosadašnje i našao veći broj novih optimalnih konformnih kartografskih projekcija za područje Hrvatske.

M. Lapaine

## Danko Markovinović, doktor tehničkih znanosti

Danko Markovinović obranio je 16. listopada 2009. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu disertaciju *Gravimetrijski referentni sustav Republike Hrvatske*. Doktorski rad obranjen je pred povjerenstvom u sastavu prof. dr. sc. Mario Brkić, prof. dr. sc. Tomislav Bašić (mentor) i doc. dr. sc. Miran Kuhar s Fakultete za gradbeništvo in geodeziju Univerze v Ljubljani.

Danko Markovinović rodio se u Vinkovcima, 27. srpnja 1967. U Vinkovcima je nakon osnovne škole pohađao Centar usmjerenog obrazovanja "Matija Antun Reljković". Diplomirao je 1994. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, gdje je i magistrirao 2001. obranom magistarskog rada *Gravimetrijska mreža I. reda i gravimetrijska kalibracijska baza Republike Hrvatske*. Godine 2006. položio je državni stručni ispit za pristava I. vrste. Od 1995. zaposlen je na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

U izvještaju Povjerenstva za ocjenu disertacije možemo pročitati sljedeće.

Rukopis doktorske disertacije *Gravimetrijski referentni sustav Republike Hrvatske* sadrži 210 stranica A4 formata, popis literature sa 111 naslova, 27 URL stranica, sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku, popis tablica, popis slika te kratki životopis pristupnika. Rad je podijeljen u deset osnovnih poglavlja:

1. Uvod
2. Teorija Zemljina polja sile teže
3. Metode gravimetrijske izmjere
4. Apsolutni gravimetri
5. Relativni gravimetri
6. Gravimetrijske mreže
7. Apsolutna gravimetrijska mreža Republike Hrvatske
8. Osnovna gravimetrijska mreža Republike Hrvatske
9. Gravimetrijska mreža Grada Zagreba
10. Zaključak

Nakon što su u prvom poglavlju kratko opisani cilj i sadržaj doktorata, daju se u drugom poglavlju osnove teorije Zemljina polja ubrzanja sile teže. Objasneni su glavni pojmovi vezani uz područje poduzetih istraživanja – gravimetriju, odnosno

teoriju Zemljina polja ubrzanja sile teže te vremenske promjene ubrzanja sile teže i to od vremenski promjenljive gravitacijske konstante do utjecaja Zemljinih plimnih valova i vodenih masa.

Treće poglavlje bavi se metodama gravimetrijske izmjere. Objasnjene su metode apsolutne i relativne gravimetrijske izmjere, od metoda na kojima se zasniva konstrukcija relativnih i apsolutnih gravimetara do mjerenih fizikalnih veličina te utjecaja i izvora pogrešaka. Ovdje se objašnjavaju i vrste, odnosno razlozi za uspostavu kalibracijskih baza radi nužnog baždarenja mjerne opreme. Poseban dio obuhvaća objašnjenje vertikalnoga gradijenta, u okviru kojeg su prikazane metode redukcije ubrzanja sile teže s referentne visine gravimetra na samu točku.

U četvrtom poglavlju detaljno se objašnjava princip rada danas najmodernijeg i najpouzdanijeg apsolutnoga gravimetra FG-5, a dodatno se pregledno uspoređuju i FG5-L te prvi dosti prenosi apsolutni gravimetar A-10, i to u smislu točnosti i ponovljivosti mjerenja. Poseban se osvrt daje na obradu apsolutnih gravimetrijskih mjerenja i korekcije koje je pritom neophodno uzeti u obzir.

Za potrebe realizacije regionalnih (gravimetrijske mreže na razini jedne ili više država), lokalnih (na području grada) ili mikrogravimetrijskih mreža najviše se rabe relativni gravimetri. Stoga se u petom poglavlju nalazi detaljan pregled mjernog sustava danas najmodernijega relativnoga gravimetra Scintrex AutoGrav CG-5, koji je korišten za izmjeru novih gravimetrijskih mreža i vertikalnoga gradijenta u Hrvatskoj. Posebno detaljno obrađeni su princip rada i signal ubrzanja sile teže dobiven tim instrumentom. Analizirane su sve neophodne korekcije pri relativnim gravimetrijskim mjerenjima. Poseban osvrt dan je na korekciju ubrzanja sile teže zbog utjecaja Zemljinih plimnih valova i podzemnih voda radi boljeg razumijevanja vremenske promjenljivosti ubrzanja sile teže.

U šestom poglavlju analizira se problematika definiranja gravimetrijskih referentnih sustava i datuma. S tim u vezi objašnjane su vrste gravimetrijskih mreža te mogućnosti njihova izjednačenja.

Sedmo poglavlje bavi se stanjem apsolutne gravimetrijske mreže Republike Hrvatske. Napravljena je sveobuhvatna analiza dostupnoga službenog materijala vezanog uz apsolutna mjerenja na teritoriju Hrvatske, i to za svaku postojeću apsolutnu gravimetrijsku točku. Posebna je pozornost dana međusobnoj usporedbi podataka na točkama gdje su bile opažane dvije