

## Martina Triplat Horvat, PhD in Technical Sciences

Martina Triplat Horvat was born in Zagreb on December 16, 1980. She finished elementary school in Zagreb and Velika Gorica and the Geodetic Technical School in Zagreb. During 1999 and 2000, she studied at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture of the University of Zagreb and subsequently at the Faculty of Geodesy, where she graduated in 2006. She worked in the private archaeological company Geoarheo d.o.o. as the head of the geodetic team on the surveying of archaeological sites and documentation from 2007 to 2008. She started working as a teaching assistant at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb in 2008. She enrolled the postgraduate studies in the same year. She participated in scientific projects *The Oldest Textbook of Geodesy*, *Cartography of the Adriatic Sea* and *Cartography and Geoinformation*. She participated as an assistant in courses *Programming*, *Geoinformation Manipulation*, *Engineering Graphics in Geodesy and Geoinformatics*, *Basics of Geoinformatics* and *Basics of Statistics*. She published several scientific and professional papers and participated in scientific and professional conferences. She is a member of the Croatian Cartographic Society and has been its secretary since 2012.

The doctoral thesis *Cartographic Analysis of J. R. Bošković's and Ch. Maire's Maps of the Papal States* consists of 255 pages in A4 format and includes 75 figures, 26 tables, a reference list with 97 titles, 29 URLs, an abstract in Croatian and English, an extended abstract in Croatian and English, a brief biography and a CD.

Since the two similar maps of the Papal States, *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* and *Carte de l'État de l'Église* have not been sufficiently researched, the author conducted a systematic cartographic analysis in order to answer some questions which remained open after previous research, some of which contained errors. The doctoral thesis begins by describing the motivation for conducting the research, the hypothesis and aims of the research, and the expected contribution to science.

In the second chapter, an overview is provided of previously published papers on the Bošković-Laplace adjustment method and papers about maps of the Papal States by J. R. Bošković and Ch. Maire.

In the third chapter, the author deals with some basic elements of each map, i.e. its title, type, represented area, orientation, aim and purpose. She studied map content in terms of their basic topographic elements and she confirmed that geographical coordinates on the Papal States maps were

Martina Triplat Horvat defended her PhD thesis *Cartographic Analysis of J. R. Bošković's and Ch. Maire's Maps of the Papal States* at the Faculty of Geodesy of the University of Zagreb on July 11, 2014. The Defence Committee consisted of Assist. Prof. Dr. Dražen Tutić, Assist. Prof. Dr. Ivka Kljajić and Prof. Dr. Josip Faričić from the Department of Geography of the University of Zadar. Her mentor was Prof. Dr. Miljenko Lapaine.

## Cartographic Analysis of J. R. Bošković's and Ch. Maire's Maps of the Papal States

The doctoral thesis is divided into following chapters:

- 1 Introduction
- 2 Overview of Previous Research
- 3 Description of Maps of the Papal States
- 4 Dimensions of the Bošković Ellipsoid
- 5 Determination of Map Projection Type of the Papal States Maps
- 6 Guidelines for Future Research
- 7 Conclusion



Martina Triplat Horvat rođena je 16. prosinca 1980. u Zagrebu. Osnovnu školu pohađala je u Zagrebu i Velikoj Gorici. Maturirala je u Geodetskoj tehničkoj školi u Zagrebu. U razdoblju 1999-2000 studirala je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, a zatim na Geodetskom fakultetu, gdje je diplomirala 2006. godine. Od 2007. do 2008. godine radila je u privatnoj arheološkoj tvrtki Geoarheo kao voditeljica geodetskog tima na izmjeri arheoloških lokaliteta i izradi dokumentacije. Od 2008. asistentica je na Geodetskom fakultetu. Iste godine upisala je poslijediplomski doktorski studij. Kao suradnica sudjelovala je na znanstvenim projektima *Najstariji udžbenik geodezije*, *Kartografija Jadrana* i *Kartografija i geoinformacije*. U nastavi je sudjelovala kao asistentica iz predmeta *Programiranje*, *Rukovanje geoinformacijama*, *Inženjerska grafika u geodeziji i geoinformatici*, *Osnove geoinformatike* i *Osnove statistike*. Objavila je nekoliko znanstvenih i stručnih radova te sudjelovala na konferencijama u zemlji i inozemstvu. Članica je Hrvatskoga kartografskog društva i od 2012. tajnica toga društva.

Doktorski rad *Kartografska analiza karata Papinske Države J. R. Boškovića i Ch. Mairea* sadrži 255 stranica formata A4, uključivši 75 slika, 26 tablica, popis literature sa 97 naslova, 29 URL-ova, sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku, prošireni sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku, kratki životopis i CD s prilozi-ma.

S obzirom na to da dvije srodne karte Papinske Države *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* i *Carte de l'État de l'Église* nisu dovoljno istražene, pristupnica je u doktorskom radu provela sustavnu kartografsku analizu kako bi odgovorila na neka pitanja koja su ostala otvorena nakon istraživanja prethodnih istraživača ili su se njihovi rezultati pokazali pogrešnima. U uvodu dokorskog rada opisana je motivacija za provedeno istraživanje, dane su hipoteze i ciljevi istraživanja te očekivani znanstveni doprinos.

U drugom poglavlju dokorskoga rada dan je pregled objavljenih radova o Bošković-Laplaceovoj metodi izjednačenja i radova koji se bave kartama Papinske Države J. R. Boškovića i Ch. Mairea.

Kroz treće poglavlje dokorskog rada pristupnica je istražila osnovne elemente tih karata, a to su: naslov, vrsta, područje prikaza i orijentacija karte, svrha i namjena karte. Proučila je sadržaj karata kroz njihove osnovne topografske elemente te dokazala da su geografske dužine na kartama Papinske Države određene u odnosu na početni meridijan Ferro i da su položaji gradova na kartama Papinske Države točniji od položaja

## Martina Triplat Horvat, doktorica tehničkih znanosti

Martina Triplat Horvat obranila je 11. srpnja 2014. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu doktorski rad *Kartografska analiza karata Papinske Države J. R. Boškovića i Ch. Mairea*. Doktorski rad obranjen je pred povjerenstvom u sastavu doc. dr. sc. Dražen Tutić, doc. dr. sc. Ivka Kljajić i prof. dr. sc. Josip Faričić s Odjela za geografiju Sveučilišta u Zadru. Mentor je bio prof. dr. sc. Miljenko Lapaine.

## Kartografska analiza karata Papinske Države J. R. Boškovića i Ch. Mairea

Doktorski rad podijeljen je na ova osnovna poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled dosadašnjih istraživanja
3. Opis karata Papinske Države
4. Dimenzije Boškovićeva elipsoida
5. Određivanje kartografske projekcije karata Painske Države
6. Smjernice za buduća istraživanja
7. Zaključak

defined in relation to the Ferro prime meridian and positions of cities on the maps were more precise than positions of cities on other similar maps from the same period. She also proved that *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* was produced by Ch. Maire and J. R. Bošković, while neither of them was a likely author of *Carte de l'État de l'Église*.

In the fourth chapter, the author carried out systematic research into the nine arc lengths of the meridian which Bošković used to calculate the flattening of the Earth. She described where the measurements were taken, who took them, and demonstrated the discrepancy between the values of the lengths of these meridian arcs and those published in the literature. In addition, she provided a formula for calculating meridian arc lengths and used it to calculate the values of meridian arc lengths at mean latitudes in nine locations used by Bošković in his analyses. She described Bošković's adjustment method in detail from the geometrical and analytical points of view and used it to calculate the parameters of the Bošković ellipsoid.

In the fifth chapter, the author carried out a procedure to determine the map projection used to produce the Papal States maps. The chapter begins by providing an overview of map projections used during the Renaissance, to the mid-eighteenth century. Due to the nature of the procedure for determining map projections used to produce these old maps, she was able to determine the degree of accuracy of the mathematical basis *a priori* by means of the graticule depicted on the maps. The procedure for determining map projection type includes issues such as whether meridians are straight or curved lines, whether parallels of latitude are straight or curved; if the parallels are curved, whether they are concentric arcs of a circle and the distance between the parallels is drawn. In order to address these issues and determine the map projection type, it was necessary to test the straightness or curvature of meridians and parallels, the convergence of meridians and the concentricity of parallels.

The straightness of meridians and the curvature of parallels as drawn on the maps were examined using the Euclidean distance method. Having determined the map projections according to their shape, the author determined them according to types of distortion. In order to completely define the type of map projection, she calculated angles at which meridians intersect. By calculating the distance between parallels along the meridian, she proved that the projection was equidistant along the meridian, while the proportionality coefficient  $k$ , i.e. the angle at which meridians intersect showed the map was produced in a conic projection. By applying the described procedure, she demonstrated that *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* was produced in a normal aspect conic projection equidistant along meridians, which meant she was able to prove the map was not produced in a polyhedral projection, as it had been thought previously.

After defining the map projection type, the author calculated the projection parameters. There were some issues with the procedure for determining parameters of an equidistant conic projection. The greatest problem was caused by the procedure for determining the point of meridian intersection, which was also the centre of parallels' arc circles. This directly affected the determination of the proportionality coefficient  $k$ , i.e. the angle at which meridians intersect. Therefore, the author proposed a new procedure for determining projection parameters, particularly standard parallels, if the radius of the sphere in which the map was produced was unknown.

In the same chapter, the author refuted the hypothesis that Bošković and Maire's maps were based on dimensions of the ellipsoid determined by measuring the meridian arc length. She tested this hypothesis by comparing the calculated distances between parallels for the ellipsoid and sphere.

By reducing the size of *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* to the dimensions and scale of *Carte de l'État de l'Église* and by comparing both maps, particularly city locations, the

## Cartographic Analysis of J. R. Bošković's and Ch. Maire's Maps of the Papal States

author demonstrated that *Carte de l'État de l'Église* was produced in the same conic projection equidistant along meridians as *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico*. The procedure for determining map projection type differed from the earlier one since there was no graticule depicted on *Carte de l'État de l'Église*.

Guidelines for future research are provided in the sixth chapter. Answers to the hypotheses are analysed systematically in the final chapter.

Based on reviewing and assessing the doctoral thesis by Martina Triplat Horvat, graduate engineer of geodesy, the Commission members concluded that the candidate offered a valuable scientific contribution to the field of cartography in her thesis. The research of map projections is a special scientific contribution.

Miljenko Lapaine ■

gradova na prethodnim kartama. U istom poglavlju dokazala je da su autori karte *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* Ch. Maire i J. R. Bošković, a da autori karte *Carte de l'État de l'Église* vrlo vjerovatno nisu ni J. R. Bošković ni Ch. Maire.

U četvrtom poglavlju pristupnica je opisala provedno sustavno istraživanje o devet duljina lukova meridijana koje je Bošković koristio da bi izračunao Zemljinu spljoštenost. Opisala je gdje su mjerenja provedena, tko ih je proveo te ukazala na nesklad među vrijednostima duljina lukova meridijana koje su objavljene u literaturi. Potom je dana formula za računanje duljine luka meridijana s pomoću koje je izračunala vrijednosti duljine luka meridijana na srednjim geografskim širinama za devet mjesta koja je Bošković koristio u svojim analizama. Usporedila je izračunane i mjerene duljine lukova meridijana. Nakon toga, detaljno je, geometrijski i analitički opisala Boškovićevu metodu izjednačenja s pomoću koje je zatim izračunala parametre Boškovićeve elipsoida.

U petom poglavlju provela je postupak određivanja kartografske projekcije u kojoj su izrađene karte Papinske Države. Na početku poglavlja dan je pregled kartografskih projekcija koje su se koristile u renesansno doba pa sve do polovine 18. stoljeća. Zbog prirode postupka određivanja kartografske projekcije u kojoj je izrađena stara karta na osnovi kartografske mreže nacrtane na karti, definirala je ocjenu točnosti matematičke osnove *a priori*. Postupak određivanja kartografske projekcije obuhvaća pitanja poput: Jesu li meridijani ravne ili zakrivljene linije? Jesu li paralele ravne ili zakrivljene linije? Ako su paralele zakrivljene, jesu li koncentrični kružni lukovi? Koliki je razmak između nacrtanih paralela? Da bi se odgovorilo na ta pitanja i odredila kartografska projekciju u kojoj je karta izrađena potrebno je testirati pravocrtnost ili zakrivljenost (kružnost) meridijana ili paralela, konvergenciju meridijana i koncentričnost paralela.

Pravocrtnost meridijana i kružnost paralela nacrtanih na karti pristupnica je ispitivala s pomoću metode euklidskih udaljenosti. Nakon određivanja kartografske projekcije prema obliku kartografske mreže odredila je kartografsku projekciju prema vrstama deformacija. Da bi u potpunosti definirala vrstu kartografske projekcije izračunala je kut pod kojim se meridijani sijeku. Računajući udaljenosti između paralela uzduž meridijana dokazala je da je projekcija ekvidistantna uzduž meridijana, dok je računajući koeficijent proporcionalnosti  $k$ , odnosno kut pod kojim se sijeku slike meridijana u projekciji dokazala da je karta izrađena u konusnoj projekciji. Opisanim postupkom pokazano je da je *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* izrađena u uspravnoj konusnoj projekciji ekvidistantnoj uzduž meridijana, čime je pristupnica dokazala da karta nije izrađena u poliedarskoj projekciji, kako se donekadno smatralo.

Nakon definiranja kartografske projekcije pristupnica je izračunala parametre projekcije u kojoj je karta izrađena.

Postupak određivanja parametara ekvidistantne konusne projekcije nije protekao bez problema. Pokazalo se da je najveći problem stvarao postupak određivanja točke zajedničkog presjecišta meridijana, točke koja je ujedno i središte kružnih lukova paralela. Ta točka izravno utječe na određivanje koeficijenta proporcionalnosti  $k$ , odnosno kuta pod kojim se sijeku meridijani u projekciji. Stoga je pristupnica predložila novi postupak za određivanje parametara projekcije neke stare karte, posebno standardnih paralela, ako nije poznat radijus sfere u kojoj je karta izrađena.

U istom poglavlju pristupnica je opovrgnula hipotezu da se Boškovićeve i Maireove karte temelje na dimenzijama elipsoida koje su određene iz mjerenja duljina luka meridijana. Tu hipotezu ispitala je usporedbom izračunanih udaljenosti između paralela za elipsoid i sferu.

Smanjivanjem karte *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* na dimenzije i u mjerilo karte *Carte de l'État de l'Église* te usporedbom sadržaja tih karata, posebno položaja gradova na obje karte dokazala je da je i *Carte de l'État de l'Église* izrađena u istoj uspravnoj konusnoj projekciji ekvidistantnoj uzduž meridijana kao i *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico*. Pos-

## Kartografska analiza karata Papinske Države J. R. Boškovića i Ch. Mairea

tupak u određivanju kartografske projekcije razlikovao se od prethodno opisanoga po tome što na *Carte de l'État de l'Église* nije ucrtana kartografska mreža.

U šestom poglavlju doktorskog rada dane su smjernice za buduća istraživanja, a u zaključku su sustavno analizirani odgovori na postavljene hipoteze.

Na osnovi pregleda i vrednovanja doktorskog rada Martine Triplat Horvat, dipl. inž. geod. članovi Povjerenstva zaključili su da je pristupnica dala u svome radu vrijedan znanstveni doprinos kartografiji. To se posebno odnosi na njezin doprinos istraživanju kartografskih projekcija.

Miljenko Lapaine ■