

Andrija Krtalić, PhD in Technical Sciences

Andrija Krtalić successfully defended his PhD thesis *Decision Support System in Conditions of Uncertainty in Demining Activities Based on Remote Sensing Methods* at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb on 11 July 2011. The thesis was examined by an Examining Committee composed of Prof. Emer. Nedjeljko Frančula, Prof. Dr. Miljenko Lapaine, Prof. Dr. Renata Pernar (Faculty of Forestry, University of Zagreb), Prof. Dr. Hrvoje Gold (Faculty of Traffic Sciences in Zagreb) and Prof. Dr. Milan Bajić (supervisor).

Andrija Krtalić was born in Mostar on 30 March 1969. In 1975, he moved with his family to Sisak where he completed his primary and secondary education. In 1987, he graduated as a mathematician-computer technician from the Vladimir Majder-Kurt Centre for Vocational Education. After completing his military service, he enrolled in undergraduate studies at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb, where he took his degree in 1997 in the field of photogrammetry, on the topic *Connecting Raster and Vector Database Using IDRISI Software*. In 1999, he enrolled in postgraduate studies at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb and took his master's degree in 2006 in the field of remote sensing, writing a thesis entitled *Fusion and Interpretation of Aircraft Digital Images for Visible, Near Infrared and Thermal Bands*. He passed the state-professional examination in 2000.

In 1998 he was employed as an associate at the Institute for Photogrammetry at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb. In 2002 he was appointed assistant at the same institute.

Since 2000, he has been engaged in the application of methods of remote sensing in demining activities. He has participated in several humanitarian demining projects.

His thesis consists of 190 A4 pages, with a bibliography and appendices. The dissertation cites 71 references and 22 URLs. It has 65 figures and 33 tables, 19 supplements (six on a CD-ROM), an abstract in English and Croatian, a list of abbreviations used and the author's biography

The dissertation is divided into the following seven chapters:

1. Introduction
2. Review of recent developments in humanitarian demining
3. Decision support system in conditions of uncertainty

4. Analysis of indicators of the presence of mines from the mine information system
5. Analysis of strong indicators of interactive enhancement by remote sensing methods
6. Analysis of thematic presentations
7. Conclusion

In the introduction, the author presents his reasons and motivation for producing the thesis and purpose of the research (the problem of mines and the need to reduce suspected mined areas as part of a rapid solution to the problem). Terms are introduced, then analysed and researched in more detail: a system for decision support under conditions of uncertainty, the methodology used, danger maps, maps of reduction, maps of (office) reconstruction of suspected mined areas, and aircraft multi-sensor and multi-resolution systems for reconnaissance and surveillance (developed and produced in Croatia). The relationship is described between scientific projects by the FP6 European Commission *Space and Airborne Mined Area Reduction Tools* (SMART), *Airborne Minefield Area Reduction* (ARC) and the complex technological research and development project by the Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia *Multisensor Airborne System for Reconnaissance and Surveillance in Emergency and Environmental Situations*, TP-06/0007-01. The author has participated in these projects and gained critical experience, identified several problems and created the conditions for his own scientific research, which he sets out in the hypothesis in the first chapter.

In the second chapter the achievements of previous scientific research are listed and developments in the application of remote sensing methods for humanitarian demining outlined. The evolution of unfeasible (*ill posed*) demands for humanitarian demining to the use of methods of remote sensing from the air or space for mine detection, with a probability rate of 99.6% and a reliability rate of 98.1%, is explained. The need to determine the spatial distribution of risk and reduce the level of uncertainty of information of the situation in a suspected mined area is also shown. The methodological bases developed in research projects such as SMART, and ARC are further elaborated, with a special emphasis on methods of fuzzy sets, fusion, and using indicators of the presence of mines. The research and results presented in this dissertation extend these areas. An explanatory model of reduction of suspected mined areas (Acheroy, Yvinec 2008) concludes this concise, but highly skilled presentation of *state of the art* resources

Andrija Krtalić, doktor tehničkih znanosti

Andrija Krtalić obranio je 11. srpnja 2011. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu disertaciju *Sustav za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti u protuminskom djelovanju utemeljen metodama daljinskih istraživanja*. Disertacija je obranjena pred povjerenstvom u sastavu prof. emer. Nedjeljko Frančula, prof. dr. sc. Miljenko Lapaine, prof. dr. sc. Renata Pernar (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu), prof. dr. sc. Hrvoje Gold (Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu) i prof. dr. sc. Milan Bajić (mentor).



Andrija Krtalić rođen je 30. ožujka 1969. u Mostaru. Godine 1975. odlazi s obitelji u Sisak gdje završava osnovno i srednje obrazovanje. Godine 1987. na tadašnjem Centru za usmjereno obrazovanje Vladimir Majder-Kurt stječe zvanje matematičar-informatičar. Nakon odsluženja vojnog roka upisuje se na Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, gdje je diplomirao 1997. na području fotogrametrije s temom *Povezivanje rasterske i vektorske baze podataka uporabom programskog paketa IDRISI*. Godine 1999. upisao je poslijediplomski znanstveni studij na Geodetskom fakultetu i magistrirao 2006. na području daljinskih istraživanja s temom *Fuzija i interpretacija zrakoplovnih digitalnih snimaka za vidljivo, infracrveno blisko i termalno valno područje*. Državno-stručni ispit položio je 2000.

Stručnim suradnikom u Zavodu za fotogrametriju na Geodetskom fakultetu postaje 1998, a 2002. prelazi u suradničko zvanje asistent.

Od 2000. godine bavi se primjenom metoda daljinskog istraživanja u protuminskom djelovanju. Sudjelovao je na nekoliko projekata humanitarnog razminiranja.

Disertacija se sastoji od 190 stranica formata A4, s popisom literature i priložima. U disertaciji je citirano 71 referenca i 22 URL-a. Disertacija ima ukupno 65 slika i 33 tablice, 19 priloga od kojih se šest nalazi na CD-u, sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku, popis korištenih kratica i životopis autora.

Rad je izrađen u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled dosadašnjih dostignuća u humanitarnom razminiranju
3. Sustav za potporu odlučivanju u uvjetima neodređenosti

4. Analiza indikatora minske prisutnosti iz minske informacijskog sustava
5. Analiza jakih indikatora interaktivno istaknutih daljinskim istraživanjima
6. Analiza tematskih prikaza
7. Zaključak

U uvodu su navedeni uzroci, motivacija za izradu rada i svrha provedenih istraživanja (minski problem i redukcija minske sumnjive površine kao dio mogućeg rješenja za ubrzano rješavanje tog problema).

Tu se uvode pojmovi koji se u nastavku detaljnije analiziraju i istražuju: sustav za potporu odlučivanju u uvjetima neodređenosti, korištena metodologija, karta opasnosti, karta redukcije, karta (uredske) rekonstrukcije minske sumnjive površine, zrakoplovni višesenzorski i višerazlučivi sustav za izviđanje i nadzor (razvijen i izrađen u Hrvatskoj). Ukazuje se na povezanost prema znanstvenim projektima iz programa FP6 Europske komisije *Space and airborne mined area reduction tools (SMART)*, *Airborne Minefield Area Reduction (ARC)*, te prema složenom tehnološki istraživačko razvojnom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH *Sustav za multisenzorsko zrakoplovno izviđanje i nadzor u izvanrednim situacijama i zaštiti okoliša*, TP-06/0007-01. Sudjelujući u tim projektima kao aktivan istraživač, pristupnik je prikupio kritička iskustva, identificirao više problema i stvorio uvjete za vlastito znanstveno istraživanje, koje najavljuje kroz hipoteze u prvom poglavlju.

U drugom poglavlju navedena su postignuća dosadašnjih znanstvenih istraživanja i razvoja primjene metoda daljinskih istraživanja za potrebe humanitarnog razminiranja. Prikazana je evolucija od neostvarivog (ill posed) zahtjeva humanitarnog razminiranja da se pomoću daljinskih istraživanja iz zraka ili svemira otkriju mine s vjerojatnošću 99,6 %, uz pouzdanost 98,1 %, preko zahtjeva da se otkriju minska polja, do zahtjeva da se utvrdi prostorna razdioba rizika i smanji informacijska neodređenost poznavanja stanja na minske sumnjivoj površini. Razrađeni su metodološki temelji razvijeni u znanstvenim projektima SMART, ARC, s posebnim naglaskom na metode neizrazitih skupova, fuziji, uporabi indikatora miniranosti, na koje se nastavlja istraživanje čiji su rezultati predstavljeni u disertaciji. Definijski model redukcije minske sumnjive površine prema (Acheroy, Yvinec 2008) zaključuje taj sažeti ali vrlo kvalificiran prikaz *state of the art*.

Treće poglavlje sadržava detaljan opis metodologije i arhitekture sustava za potporu odlučivanju u

The third chapter contains a detailed description of the methodology and architecture of a decision support system in conditions of uncertainty. The goal of this system is to provide information for the end-user (in the form of danger maps and confidence maps) so that decisions can be taken on reducing, confirming or extending the suspected mined area, based on the processing and fusion of input data, contextual information and shared knowledge. The concept of indicators of the presence or absence of mines, and their membership functions, is described in detail. These are objects or areas within the suspected mined area which are presumed to be protected by mines or explosive obstacles or objects (areas) within the suspected mined area that are assumed to contain no such devices. This chapter also presents an analysis of fortifications, minefield records and input data, evaluating quality and previous treatment before danger maps are calculated. Indicators are compared in pairs on the basis of their importance, using an analytical hierarchy process, fuzzy sets. Based on matrix elements compared with indicators of the presence of mines the vector of eigenvalues is calculated, which is the most appropriate set of weights for a given matrix. Apart from danger maps, confidence maps and stability maps are defined. Regarding the methodology of the SMART project, the thesis introduces the ratio of consistency that reduces subjective influence in defining a set of weights of indicators of the presence of mines.

Decision Support System in Conditions of Uncertainty in Demining Activities Based on Remote Sensing Methods

An analysis of results and a statistical analysis of indicators of the presence of mines from a mine information system (MIS) are shown in the fourth chapter. Important sources of information about mines include minefield records, military maps, military fortification documents, information on mine incidents, and personal recollections. Until now there has only been subjective assessment of the coefficient accuracy of locating mine fields, based on up to 39 types of data contained in typical mine records. This thesis develops a mathematical model for determining the quality of information in mine records, completed by a factor and cluster analysis. The existence of several major factors that determine the behaviour of data in a set of mine records is demonstrated. Thus an original methodology is proposed that allows an objective determination of the quality of mine records.

The fifth chapter describes the process of analysis of material objects in an area assumed to be defended by minefields. These are strong indicators of the presence of mines, and their existence and location can be reliably

determined by airborne and satellite images. The thesis introduces and successfully proves the hypothesis: strong indicators of the presence of mines - objects in the area that are (mostly) made of natural materials from the surrounding area can not be reliably defined or differentiated only by their spectral and radiometric features, but rather on the basis of additional homogeneity, and shape features. The most important features of the strong indicators of the presence of mine (bunkers, stone dykes, trenches, drywalls, battlements, shelters, bridges, fords) are exhaustively analyzed from the original range of spectral and spatial resolutions and radiometric dynamics (airborne multi-spectral and colour images, satellite multispectral images, orthophoto maps), their interpretability measures (NIIRS, IQM), subjective credibility measures and segmentation parameters. An object-oriented analysis of indicators is conducted using algorithms of multi-resolution segmentation in alignment with parameters, scale, shape, colour, smoothness and compactness, using the software package Definiens Professional 5.0. The coefficients of variation of intensity per spectral channel, and features of the following general types were analyzed: length, asymmetry, density, shape index, index of the border, curvature etc. Based on these features, subjective, factor and cluster analyses were carried out, by which features were ranked based on general shapes, and strong indicators of the presence of mines could be reliably defined and differentiated. This original scientific contribution has significantly improved SMART methodology.

The sixth chapter introduces a new way of calculating the weight of the strong indicators of the presence of mines and their visualization on danger maps and confidence maps. Simulation analysis has shown that the upper limit of the zone of influence of indicators of the presence of mines, as introduced in SMART, should be increased (in actual examples, by as much as 11.7%). This reduces risk, because it increases the surface area and measures the degree of danger present. This original scientific contribution is very significant in terms of public safety. The simulation shows that the most appropriate form of non-linear membership functions is sigmoidal.

The seventh chapter presents conclusions on all the research conducted, its results and the overall contribution of dissertation. In summary, the original scientific contributions of the author are as follows:

1. In regard to the methodology of the SMART project, the dissertation introduces a ratio of consistency that reduces subjective influence in defining a ranked list of weight indicators of the presence of mines.
2. The thesis develops a mathematical model for determining the quality of information from mine records, which is completed by factor and cluster analysis. The existence of several major factors that determine the behaviour of data in a set of minefield records is proved. This is achieved by means of an original methodology that allows objective determination (measurement) of the quality of minefield records.

uvjetima neodređenosti. Cilj ovog sustava je krajnjem korisniku osigurati informacije (u vidu karata opasnosti i uvjerljivosti) za donošenje odluka o redukciji, potvrđi ili proširenju minski sumnjive površine, na osnovi obrade i fuzije ulaznih podataka, kontekstualnih informacija i posredovanju znanja. Detaljno se razrađuje pojam indikatora minske prisutnosti odnosno odsutnosti, njihovih funkcija pripadnosti. To su objekti ili površine unutar minski sumnjivog područja za koje se pretpostavlja da su branjeni minsko-eksplozivnim zaprekama odnosno objekti (površine) unutar minski sumnjivog područja za koje se pretpostavlja da ne sadrže minsko-eksplozivne zapreke. Slijedi analiza objekata utvrđivanja, minskih zapisnika, ulaznih podataka, vrednovanja njihove kvalitete, prethodnih obrada prije izračunavanja karte opasnosti. Indikatori se uspoređuju po parovima na osnovi njihove važnosti, primjenom analitičkog hijerarhijskog procesa neizrazitih skupova. Na osnovi matrice s elementima usporedbe indikatora minske prisutnosti izračuna se vektor svojstvenih vrijednosti koji je najprikladniji skup težina za danu matricu. Uz kartu opasnosti, definirana je karta uvjerljivosti i karta stabilnosti. U odnosu na metodologiju iz projekta SMART u disertaciji je uveden omjer dosljednosti kojim se smanjuje subjektivan utjecaj u definiranju skupa težina indikatora minske prisutnosti.

Analiza i rezultati statističke analize indikatora minske prisutnosti iz minsko informacijskog sustava (MIS) prikazani su u četvrtom poglavlju. Najvažniji izvori informacija o minskoj situaciji su minski zapisnici, ratne vojne karte, vojni dokumenti o minsko eksplozivnom zaprečavanju, podatci o minskim incidentima i akcidentima, memoarske publikacije. Do sada je postojala samo subjektivna procjena koeficijent točnosti lociranja minskog polja na temelju do 39 vrsta podataka koje se nalaze u tipičnim vrstama minskih zapisnika. U disertaciji je razvijen matematički model za utvrđivanja kvalitete informacije iz minskih zapisnika koji je uspješno zaokružen faktorskom i klusterskom analizom. Dokazano je postojanje nekoliko glavnih faktora koji određuju ponašanje podataka u skupu minskih zapisnika. Time je izvedena izvorna metodologija koja omogućava objektivno određivanje kvalitete minskih zapisnika.

U petom poglavlju opisan je postupak analize materijalnih objekata na sceni za koje se pretpostavlja da su branjeni minsko-eksplozivnim zaprekama. To su jaki indikatori minske prisutnosti, čije se postojanje i položaj u prostoru može pouzdano utvrditi na temelju zrakoplovnih i satelitskih snimaka daljinskih istraživanja. Uvedena je i u disertaciji uspješno dokazana hipoteza: jaki indikatori minske prisutnosti – objekti na sceni koji su (uglavnom) izrađeni od prirodnog materijala iz okoline, ne mogu se pouzdano definirati niti međusobno diskriminirati samo po svojim spektralnim i radiometrijskim značajkama, ali mogu na osnovi dodatnih karakteristika homogenosti i značajki oblika. Iscrpno su analizirane značajke važnijih jakih indikatora minske prisutnosti (bunker, kameni nasip, rov, suhozid, grudobran, zaklon, most, gaz), dobivenih iz izvornika različitih spektralnih i prostornih razlučivanja te radiometrijske dinamike (zrakoplovne

multispektralne i kolor snimke, satelitske multispektralne snimke, ortofoto zemljovidi), njihove mjere interpretabilnosti (NIIRS, IQM), subjektivna mjera uvjerljivosti te parametri segmentacije. Za objektnu analizu indikatora korišteni su algoritmi iz programskog sustava Definiens višerazlučive segmentacije s usklađivanjem parametara mjerila, oblika, boje, zaglađenosti i kompaktnosti. Analizirani su koeficijenti varijabilnosti intenziteta po spektralnim kanalima, te sljedeće značajke općih oblika: duljina, asimetrija, gustoća, indeks oblika, indeks granice, oblost i dr. Na osnovi tih značajki provedene su subjektivna, faktorska i klusterska analiza, pomoću kojih su rangirane značajke općih oblika na osnovi kojih se mogu pouzdano definirati i međusobno diskriminirati jaki indikatori minske prisutnosti. Tim izvornim znanstvenim doprinosom značajno je unaprijeđena metodologija iz SMART-a.

U šestom poglavlju se uvodi novi način izračunavanja težina jakih indikatora minske prisutnosti i njihove vizualizacije na kartama opasnosti i kartama uvjerljivosti. Simulacijskom analizom je dokazano da gornje granice zone utjecaja indikatora minske prisutnosti kako su bile uvedene u SMART-u treba povećati (na realnim primjerima čak 11,7 %). Time se smanjuje rizik jer se povećava površina i na njoj iznos mjere opasnosti. Taj izvorni znan-

Sustav za potporu odlučivanja u uvjetima neodređenosti u protuminskom djelovanju utemeljen metodama daljinskih istraživanja

stveni doprinos je vrlo značajan glede sigurnosti građana. Simulacijom je pokazano da je najprikladniji sigmoidalni oblik funkcije pripadnosti.

U sedmom poglavlju izvode se zaključci o svim provedenim istraživanjima, polučeni rezultatima i doprinosima rada. Sažeto, izvorni znanstveni doprinosi doktorske disertacije pristupnika su sljedeći:

1. U odnosu na metodologiju iz projekta SMART u disertaciji je uveden omjer dosljednosti kojim se smanjuje subjektivan utjecaj u definiranju rangirane liste težina indikatora minske prisutnosti.
2. U disertaciji je razvijen matematički model za utvrđivanja kvalitete informacije iz minskih zapisnika koji je uspješno zaokružen faktorskom i klusterskom analizom. Dokazano je postojanje nekoliko glavnih faktora koji određuju ponašanje podataka u skupu minskih zapisnika. Time je izvedena izvorna metodologija koja omogućava objektivno određivanje (mjerenje) kvalitete minskih zapisnika.

3. The dissertation introduces and successfully proves the hypothesis regarding strong indicators of the presence of mines - objects in the area that are (mostly) made of natural materials from the surrounding area can not be reliably defined, nor differentiated only by their spectral and radiometric features, but on the basis of additional characteristics in terms of homogeneity and shape features.
4. Strong indicators of the presence of mines are analyzed in airborne and satellite imagery through the coefficients of variation of intensity per spectral channel, and features of the general form: length, asymmetry, density, shape index, the index of the border, curvature, fit ellipse, rectangle eligibility, the minimum radius of the ellipse described, and the largest radius ellipse described. Based on these features, factor and cluster analyses are performed, by which the features are ranked based on the general shape of strong indicators of the presence of mines, which can be reliably defined and differentiated. This original scientific contribution significantly enhances SMART methodology.
5. A new method for calculating the weight of strong indicators of the presence of mines and their visualization on maps and danger maps and confidence maps is introduced. Simulation analysis shows that the upper limit of zone of influence of indicators of the presence of mines, as introduced in SMART, should be increased. This reduces risk, because it increases the surface area and measures the degree of danger present. This original scientific contribution is very significant in terms of public safety.

Prepared by Miljenko Lapaine

Rinaldo Paar, PhD in Technical Sciences

Rinaldo Paar defended his PhD thesis *Geospatial Databases of Objects in the Highway Management System of the Republic of Croatia* at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb on 29 June 2010. His thesis supervisor was Prof. Dr. Zdravko Kapović. The Examining Committee comprised Prof. Dr. Gorana Novaković, Prof. Dr. Zdravko Kapović, Prof. Dr. Marko Džapo (all of the Faculty of Geodesy) and Prof. Dr. Zlatko Šavor and Prof. Dr. Ljudevit Herceg of the Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb.

Rinaldo Paar was born on 5 May 1975. He has always lived in Samobor. He is married and has two children. He attended primary school and grammar school in Samobor. As a top student in mathematics (his first subject) he was exempt from final exams. In 1993 he enrolled at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb. During his studies he participated in several geodetic projects and GPS surveying campaigns, and was a student assistant for the course in Real Estate Cadastre. In 1998, he carried out practical work organized by the Faculty of Geodesy. On the basis of this practical work, he wrote his graduation thesis *Multimedia Presentation of Geodetic Works*, supervised by Prof. Dr. Miodrag Roić. He graduated with honours on 28 April 2000. He defended his master's thesis *The Establishment of Geodetic Basis for Special Purposes* on 3 March 2006, under the joint

supervision of Prof. Dr. Gorana Novaković, and Prof. Dr. Zdravko Kapović.

Before his Croatian military service, he worked in the field of geodesic engineering, for the "ING Z d.o.o." geodetic firm in Samobor. He started work at the Faculty of Geodesy on 1 October 2001 as an assistant in the Institute of Geodesic Engineering and Spatial Information Management. Since being appointed as an assistant, he has organized and carried out exercises for the following courses: Geodesic Engineering I, Geodesic Engineering II, Geodesic Engineering III, Movement and Deformation, Geodesy in Environmental Protection, Basics of Geodesic Engineering, Geodesic Engineering, and Geodesic Engineering in Construction. During the academic years 2005/06 and 2006/07, he gave lectures for the Geodesic Engineering II course, under the supervision of Prof. Dr. Zdravko Kapović.

As an author or co-author, he has published 19 scientific and professional papers in foreign and domestic journals and conference proceedings. He has also supervised 13 undergraduate theses. He has taken part in two scientific projects. He has a history of successful work on expert projects, such as static load tests (approximately 200) for bridges, viaducts, overpasses and underpasses, and different civilian constructions, producing special

3. Uvedena je i u disertaciji uspješno dokazana hipoteza: jaki indikatori minske prisutnosti – objekti na sceni koji su (uglavnom) izrađeni od prirodnog materijala iz okoline, ne mogu se pouzdano definirati niti međusobno diskriminirati samo po svojim spektralnim i radiometrijskim značajkama, ali mogu na osnovi dodatnih karakteristika homogenosti i značajki oblika.
4. Iz snimaka jakih indikatora analizirani su koeficijenti varijabilnosti intenziteta po spektralnim kanalima, te značajke općih oblika: duljina, asimetrija, gustoća, indeks oblika, indeks granice, oblost, podobna elipsa, podoban pravokutnik, radijus najmanje opisane elipse, radijus najveće opisane elipse. Na osnovi tih značajki provedena je faktorska i klasterska analiza, pomoću kojih su rangirane značajke općih oblika na osnovi kojih se mogu pouzdano definirati i međusobno diskriminirati jaki indikatori minske prisutnosti. Tim izvornim znanstvenim doprinosom značajno je unapređena metodologija iz SMART-a.
5. Uveden je novi način izračunavanja težina jakih indikatora minske prisutnosti i njihove vizualizacije na kartama opasnosti i kartama uvjerljivosti. Simulacijskom analizom je dokazano da gornje granice zone utjecaja indikatora minske prisutnosti kako su bile uvedene u SMART-u treba povećati. Time se smanjuje rizik jer se povećava površina i na njoj iznos mjere opasnosti. Taj izvorni znanstveni doprinos je vrlo značajan glede sigurnosti građana.

Pripremio Miljenko Lapaine

Rinaldo Paar, doktor tehničkih znanosti

Rinaldo Paar obranio je 29. lipnja 2010. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu doktorsku disertaciju pod naslovom *Geoprostorne baze podataka objekata u sustavu gospodarenja autocestama Republike Hrvatske*. Mentor disertacije bio je prof. dr. sc. Zdravko Kapović, a u Povjerenstvu za ocjenu i obranu rada bili su prof. dr. sc. Gorana Novaković, prof. dr. sc. Zdravko Kapović, prof. dr. sc. Marko Džapo (svi s Geodetskog fakulteta) te prof. dr. sc. Zlatko Šavor i prof. dr. sc. Ljudevit Herceg s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.



mentorstvom prof. dr. sc. Miodraga Roića. Diplomirao je 28. travnja 2000., magistrirao 3. ožujka 2006. obranivši magistarski rad *Uspostava geodetske osnove za posebne namjene*. Mentorica magistarskog rada bila je prof. dr. sc. Gorana Novaković, a komentor prof. dr. sc. Zdravko Kapović.

Prije odlaska na odsluženje vojnog roka kratko vrijeme radio je u geodetskom birou "ING Z" d.o.o. u Samoboru. Od 1. listopada 2001. radi kao asistent na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u

Zagrebu u Zavodu za inženjersku geodeziju i upravljanje prostornim informacijama. Od imenovanja asistentom do danas organizira i obavlja vježbe iz sljedećih kolegija: Inženjerska geodezija I, Inženjerska geodezija II, Inženjerska geodezija III, Pomaci i deformacije, Geodezija u zaštiti okoliša, Inženjerska geodetska osnova, Inženjerska geodezija te Inženjerska geodezija u graditeljstvu. U ak. god. 2005/06, 2006/07 držao je predavanja iz kolegija Inženjerska geodezija II pod stručnim nadzorom prof. dr. sc. Zdravka Kapovića.

Rinaldo Paar rođen je 5. svibnja 1975. Odrastao je i živi u Samoboru. Oženjen je i ima dvoje djece. Osnovnu i srednju školu završio je u Samoboru. Na osnovi odličnog uspjeha tijekom cijelog srednjoškolskog obrazovanja i završnog rada oslobođen je polaganja ostalih dijelova završnog ispita – mature, te je stekao srednju školsku spremu, profil: prirodoslovno-matematički tehničar. Na Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu upisao se 1993. Tijekom studiranja sudjelovao je u radu na nekoliko geodetskih projekata i GPS kampanja, a bio je i demonstrator iz kolegija Katastar nekretnina. Godine 1998. sudjelovao je na studentskoj praksi što ju je organizirao Geodetski fakultet, na temelju čega je izradio diplomski rad *Multimedijalna prezentacija geodetskih radova* pod

Kao autor i koautor do sada je objavio 19 znanstvenih i stručnih radova u domaćim i stranim časopisima te zbornicima radova. Bio je voditelj prilikom izrade 13 diplomskih radova. Sudjelovao je na dva znanstvena