

Iva Cibilić, PhD in Technical Sciences

Iva Cibilić defended her doctoral thesis "Development of User-Oriented Methodology of Usability of Augmented Maps Based on Cartographic Communication of Touristic Maps" at the University of Zagreb, Faculty of Geodesy on 16 April 2026. The supervisor was Assoc. Prof. Vesna Poslončec-Petrić, PhD. The Committee for doctoral thesis evaluation consisted of Assoc. Prof. Ivka Kljajić, PhD, Prof. Željko Bačić, PhD, and Assist. Prof. Dušan Petrovič, PhD, from the Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana. The Committee for the defence of the doctoral thesis had the same members.

Iva Cibilić was born on 10 November 1995 in Dubrovnik. She attended Primary School in Kuna on the Pelješac peninsula and Dubrovnik Grammar School. She completed the undergraduate study of Geodesy and Geoinformatics at the University of Zagreb, Faculty of Geodesy in 2017, and the graduate study programme, module Geoinformatics, in 2020, by defending her master's thesis "Navigation in Augmented Reality", prepared under the supervision of Assoc. Prof. V. Poslončec-Petrić, PhD. Since September 2020, she has been employed as a research and teaching assistant at the Chair of Cartography, Department of Cartography and Photogrammetry, Faculty of Geodesy, where she participates in teaching, scientific and professional activities. She has also participated in the supervision of more than 15 master's theses. In the same year, she enrolled in the postgraduate doctoral study programme. She has authored or co-authored several scientific and professional papers published in Croatian and international journals, as well as in the proceedings of Croatian and international scientific conferences. She has also participated in scientific, professional and international projects.

The manuscript of the doctoral thesis contains 203 pages, including 24 figures, 16 tables, a bibliography with 254 titles, abstracts and keywords in Croatian and English, lists of figures, tables and abbreviations, five appendices, a short curriculum vitae and a list of published papers.

The doctoral thesis investigates augmented tourist maps as a cartographically grounded approach to the design of national park maps. The starting point of the research is the problem of presenting rich thematic content on tourist maps without overloading the printed map and compromising its readability. In this context, the thesis considers the distribution of cartographic content between the printed map and a virtual layer using augmented reality technology.

Iva Cibilić defended her doctoral thesis "Development of User-Oriented Methodology of Usability of Augmented Maps Based on Cartographic Communication of Touristic Maps" at the University of Zagreb, Faculty of Geodesy on 16 April 2026. The supervisor was Assoc. Prof. Vesna Poslončec-Petrić, PhD.

Development of User-Oriented Methodology of Usability of Augmented Maps Based on Cartographic Communication of Touristic Maps



Iva Cibilić, doktorica tehničkih znanosti

Iva Cibilić obranila je 16. travnja 2026. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu doktorski rad "Razvoj korisnički usmjerene metodologije upotrebljivosti proširenih karata zasnovane na kartografskoj komunikaciji turističkih karata" (eng. Development of User-Oriented Methodology of Usability of Augmented Maps Based on Cartographic Communication of Touristic Maps). Mentorica doktorskog rada bila je izv. prof. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić. Povjerenstvo za ocjenu doktorskog rada bilo je u sastavu izv. prof. dr. sc. Ivka Kljajić, prof. dr. sc. Željko Bačić i doc. dr. sc. Dušan Petrović s Fakultete za gradbeništvo in geodeziju Univerze v Ljubljani. Povjerenstvo za obranu doktorskog rada bilo je u istom sastavu.

Iva Cibilić rođena je 10. studenoga 1995. u Dubrovniku. Osnovnu školu pohađala je u Osnovnoj školi Kuna na Peleješcu, a maturirala je u Gimnaziji Dubrovnik 2014. godine. Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu završila je prijediplomski studij geodezije i geoinformatike 2017. godine, a diplomski studij, usmjerenje Geoinformatika, 2020. godine obranom diplomskog rada "Navigacija u proširenoj stvarnosti" izrađenog pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Vesne Poslončec-Petrić. Od rujna 2020. zaposlena je kao asistentica na Katedri za kartografiju Zavoda za kartografiju i fotogrametriju Geodetskog fakulteta gdje sudjeluje u nastavnim, znanstvenim i stručnim aktivnostima. Sudjelovala je i u vođenju više od 15 diplomskih radova. Iste godine upisala je poslijediplomski doktorski studij. U dosadašnjem radu kao autorica ili u koautorstvu objavila je više znanstvenih i stručnih radova u domaćim i inozemnim časopisima te zbornicima domaćih i međunarodnih znanstvenih skupova. Sudjelovala je i u provedbi znanstvenih, stručnih i međunarodnih projekata.

Rukopis doktorskog rada sadrži 203 stranice, uključivši 24 slike, 16 tablica, popis literature s 254 naslova, sažetak i ključne riječi na hrvatskom i engleskom jeziku, popis slika, popis tablica, popis kratica, pet priloga, kratki životopis i popis objavljenih radova.

U doktorskom radu istražene su proširene turističke karte kao kartografski pristup oblikovanju karata nacionalnih parkova. Polazište istraživanja je problem prikaza bogatoga tematskog sadržaja na turističkim kartama bez opterećivanja tiskane karte i narušavanja njezine čitljivosti. U tom je kontekstu razmatrana raspodjela kartografskog sadržaja između tiskane karte i virtualnog sloja prikazanog tehnologijom proširene stvarnosti.

U uvodnom poglavlju definirani su predmet i problem istraživanja, cilj rada, hipoteze i očekivani znanstveni

Iva Cibilić obranila je 16. travnja 2026. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu doktorski rad "Razvoj korisnički usmjerene metodologije upotrebljivosti proširenih karata zasnovane na kartografskoj komunikaciji turističkih karata". Mentorica doktorskog rada bila je izv. prof. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić.

Razvoj korisnički usmjerene metodologije upotrebljivosti proširenih karata zasnovane na kartografskoj komunikaciji turističkih karata

The introductory chapter defines the research problem, thesis aim, the hypotheses and the expected scientific contribution. Particular emphasis is placed on the need for development of a methodological framework that connects cartographic communication and user-centred design of augmented maps. In doing so, the research is positioned within the field of contemporary cartography and user-centred evaluation of cartographic products.

The second chapter provides an overview of the theoretical background relevant to the research. It discusses the basic concepts of cartographic communication, knowledge concerning map reading and map understanding, the relationship between cartography and geovisualisation, and the specific characteristics of mobile and augmented cartographic representations. It also presents the features of augmented reality and augmented maps and explains why their design must be based on cartographic principles. The chapter also provides an overview of user-centred design and methods for usability evaluation in cartography.

The third chapter describes the research methodology. The research was carried out in five phases: a comparative analysis of existing tourist maps of Croatian national parks, an assessment of user needs, conceptual design and development of an augmented map prototype, expert cartographic evaluation, and user-based usability testing. This sequence of research phases enabled the iterative design, testing and improvement of the augmented map concept.

In the first phase, existing tourist maps of Croatian national parks were analysed. Differences and inconsistencies were identified in the representation of map symbols, content organisation and visual hierarchy. These findings provided a starting point for improving the cartographic representation.

In the second phase, user needs and the understanding of map symbols were examined. The research collected data on what content users consider important on tourist maps. These results served as the basis for distributing content between the printed map and the virtual layer of the augmented map. This phase also examined how successfully users understood individual pictograms appearing on national park maps. The results showed that most pictograms were not sufficiently clearly understood by users, which further confirmed the need to improve these cartographic representations.

In the third phase, two comparable maps were produced: an analogue map and an augmented map. The augmented map was designed as a printed map supplemented with virtual map symbols displayed through a mobile application. In designing the prototype, the emphasis was not on the technical complexity of the system, but on examining the cartographic justification for dividing content between the printed and virtual layers. Particular attention was also paid to the comparability of the analogue and

augmented maps, with the analogue map serving as a familiar reference form of cartographic representation for users.

In the fourth phase, an expert cartographic evaluation was conducted. It involved cartographers who assessed the design of the analogue and augmented maps, the clarity of the representation, the legend, the distribution of content and the comprehensibility of the augmentation concept. Based on their comments, further improvements were made, particularly with regard to more clearly informing users about the existence of augmented content and more clearly separating the printed and virtual legend content.

In the fifth phase, user-based usability testing was conducted, comparing the analogue and augmented maps. The testing included the measurement of task success, task completion time and the subjective assessment of satisfaction. The results showed that the augmented map did not lead to a uniform increase in task success but did show an advantage in task completion time. User satisfaction was high for both maps.

In the discussion, the research results are related to the hypotheses and the theoretical framework of the thesis. It is shown that a carefully considered distribution of content between the printed map and the virtual layer can contribute to reducing the load on the printed map and improving the efficiency of its use. At the same time, it is emphasised that the effect of the virtual layer is not the same for all types of tasks and that it depends on an appropriate distribution of content and a consistent visual hierarchy. Guidelines are also provided for the design, use and evaluation of augmented maps.

The conclusion presents the main results and scientific contribution of the thesis. The doctoral thesis provides a user-centred and cartographically grounded methodology for designing and testing augmented tourist maps. The value of the work lies in connecting the theory of cartographic communication, user needs, expert evaluation and empirical usability testing into a unified research procedure.

On the basis of the review and evaluation of the doctoral thesis by Iva Cibilić, mag. ing. geod. et geoinf., it may be concluded that the author has made a valuable scientific contribution to modern cartography. The contribution primarily concerns the development of a methodology for designing and evaluating augmented maps, as well as a better understanding of the possibilities and limitations of applying augmented reality in the cartographic context. The thesis is scientifically relevant, methodologically systematic and applicable to the future development of tourist, thematic and other user-centred cartographic products.

Vesna Poslovčec-Petrić ■

doprinos. Posebno je istaknuta potreba za razvojem metodološkog okvira koji povezuje kartografsku komunikaciju, korisnički usmjeren dizajn i ispitivanje upotrebljivosti proširenih karata. Time je istraživanje smješteno u područje suvremene kartografije i korisnički usmjerenog vrednovanja kartografskih proizvoda.

U drugom poglavlju dan je pregled teorijskih polazišta relevantnih za provedeno istraživanje. Obrađeni su temeljni pojmovi kartografske komunikacije, spoznaje o čitanju i razumijevanju karata, odnos kartografije i geovizualizacije te posebnosti mobilnih i proširenih kartografskih prikaza. Također su prikazane značajke proširene stvarnosti i proširenih karata te je objašnjeno zašto njihovo oblikovanje mora biti utemeljeno na kartografskim načelima. U poglavlju je dan i pregled korisnički usmjerenog dizajna i metoda evaluacije upotrebljivosti u kartografiji.

U trećem poglavlju opisana je metodologija istraživanja. Istraživanje je provedeno u pet faza: usporedna analiza postojećih turističkih karata hrvatskih nacionalnih parkova, ispitivanje korisničkih potreba, konceptualno oblikovanje i izrada prototipa proširene karte, stručna kartografska evaluacija te korisničko ispitivanje upotrebljivosti. Takav slijed istraživačkih faza omogućio je postupno oblikovanje, provjeru i poboljšanje koncepta proširene karte.

U prvoj fazi analizirane su postojeće turističke karte hrvatskih nacionalnih parkova. Utvrđene su razlike i nedosljednosti u prikazu kartografskih znakova, organizaciji sadržaja, vizualnoj hijerarhiji i opterećenosti karata tematskim informacijama. Rezultati te analize poslužili su kao polazište za poboljšanje kartografskog prikaza.

U drugoj fazi provedeno je ispitivanje korisničkih potreba i razumijevanja kartografskih znakova. Istraživanjem su prikupljeni podaci o tome koje sadržaje korisnici smatraju važnima na turističkim kartama. Ti su rezultati poslužili kao osnova za raspodjelu sadržaja između tiskane karte i virtualnog sloja proširene karte. Također je utvrđeno koliko uspješno korisnici razumiju pojedine piktograme koji se pojavljuju na kartama nacionalnih parkova. Rezultati su pokazali da dio piktograma nije dovoljno jasno razumljiv korisnicima, što je dodatno potvrdilo potrebu za poboljšanjem kartografskog prikaza.

U trećoj fazi izrađeni su usporedivi kartografski prikazi: analogna karta i proširena karta. Proširena karta oblikovana je kao tiskana karta nadopunjena virtualnim kartografskim znakovima koji se prikazuju pomoću mobilne aplikacije. Pri oblikovanju prototipa naglasak nije bio na tehničkoj složenosti sustava nego na provjeri kartografske opravdanosti podjele sadržaja između tiskanog i virtualnog sloja. Također je posebna pozornost posvećena usporedivosti

analogne i proširene karte, pri čemu je analogna karta poslužila kao korisnicima poznat referentni oblik kartografskog prikaza.

U četvrtoj fazi provedena je stručna kartografska evaluacija. U njoj su sudjelovali kartografi koji su procijenili oblikovanje analogne i proširene karte, jasnoću prikaza, tumač znakova, raspodjelu sadržaja i razumljivost koncepta proširenja. Na temelju njihovih komentara provedena su dodatna poboljšanja, posebno u pogledu jasnijeg upućivanja korisnika na postojanje proširenog sadržaja te jasnijeg razdvajanja tiskanog i virtualnog tumača znakova.

U petoj fazi provedeno je korisničko ispitivanje upotrebljivosti u kojem su uspoređene analogna i proširena karta. Ispitivanje je obuhvatilo mjerenje uspješnosti rješavanja zadataka, vremena potrebnog za njihovo rješavanje i subjektivne procjene zadovoljstva. Rezultati su pokazali da proširena karta nije dovela do jednoznačnog povećanja uspješnosti rješavanja zadataka, ali je pokazala prednost u brzini rješavanja. Zadovoljstvo korisnika bilo je visoko za obje karte.

U raspravi su rezultati istraživanja povezani s postavljenim hipotezama i teorijskim okvirom rada. Pokazano je da promišljena raspodjela sadržaja između tiskane karte i virtualnog sloja može pridonijeti smanjenju opterećenosti tiskane karte te poboljšati učinkovitost njezine upotrebe. Istodobno je istaknuto da učinak virtualnog sloja nije jednak za sve vrste zadataka te da ovisi o primjerenoj raspodjeli sadržaja i dosljednoj vizualnoj hijerarhiji. Dane su i smjernice za oblikovanje, uporabu i vrednovanje proširenih karata.

U zaključku su istaknuti glavni rezultati i znanstveni doprinosi rada. Doktorski rad donosi korisnički usmjereni i kartografski utemeljeni metodologiju za oblikovanje i ispitivanje proširenih turističkih karata. Vrijednost rada očituje se u povezivanju teorije kartografske komunikacije, korisničkih potreba, stručne evaluacije i empirijskog ispitivanja upotrebljivosti u jedinstven istraživački postupak.

Na osnovi pregleda i vrednovanja dokorskog rada Ive Cibilić, mag. ing. geod. et geoinf., može se zaključiti da je autorica dala vrijedan znanstveni doprinos suvremenoj kartografiji. Doprinos se ponajprije odnosi na razvoj metodologije za oblikovanje i vrednovanje proširenih karata te na bolje razumijevanje mogućnosti i ograničenja primjene proširene stvarnosti u kartografiji. Rad je znanstveno relevantan, metodološki sustavno proveden i primjenjiv u budućem razvoju turističkih, tematskih i drugih korisnički usmjerenih kartografskih proizvoda.

Vesna Poslončec-Petrić ■