

Dejan Lovrinčević, PhD in Technical Sciences

Dejan Lovrinčević was born in Split on 1 May 1985. He attended Spinut Primary School and the Civil Engineering-Geodesy Technical Secondary School in Split. He graduated from the Faculty of Geodesy (University of Zagreb) in 2010. In the same year, he was employed by the Cartographic Department of the Hydrographic Institute of the Republic of Croatia as an editor of maritime charts. He enrolled in postgraduate doctoral studies in geodesy and geoinformatics at the Faculty of Geodesy in Zagreb in 2012. He participated in teaching as an external assistant at the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy of the University of Split, delivering courses in Map Projections and Geoinformation Infrastructure. He has published six scientific and professional articles, either as an independent author or co-author, in Croatian and foreign journals, and has participated in ten scientific-professional meetings.

His doctoral thesis, *A New Method of Automatic Sounding Selection on Nautical Charts*, is 126 pages long (A4), with abstracts in Croatian and English, 58 illustrations, six tables, a bibliography of 105 titles, and the author's biography.

Applying knowledge of how nautical charts are produced, and an approach to integrated hydrographic spatial analysis based on GIS, along with guidelines and principles from a systematic analysis of existing nautical charts (Hydrographic Institute of the Republic of Croatia – HHI), the thesis describes a new automatic sounding selection method. The scientific contribution of the thesis is evident in defining rules and principles for applying the spatial parameters of inclination and direction, with the aim of improving the quality of sounding selection. There is also a contribution in terms of proposing a solution to improve the integration of the final sounding selection on existing chart conditions. The proposed methodology of sounding selection, based on sea bed relief changes, revealed the need to include other bases than the hydrographic original as the basis for sounding selection.

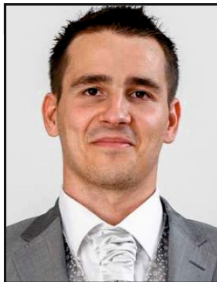
Inclination and direction, which are frequent parameters in other scientific areas linked to researching and modelling the seabed, may contribute to the accuracy of information which marine cartographers provide for users. The quality of a hydrographic survey allows these parameters and whole range of others to be calculated with sufficient accuracy for sounding selection on marine charts. Too much density, or too great a number of soundings shown on charts, is seen as one of the greatest shortcomings in official, manual sounding selection on HHI charts. The reason is that it limits potential errors by the number of selections, but it also has a partial effect on the

Dejan Lovrinčević defended his doctoral thesis *A New Method of Automatic Sounding Selection on Nautical Charts* on 5 October 2018. The commission for the defence of the doctoral thesis comprised Prof. Dr. Stanislav Frangeš, Assist. Prof. Dr. Robert Župan, and Prof. Dr. Josip Faričić from the Department of Geography, University of Zadar. The mentor was Prof. Emeritus Miljenko Lapaine.

A New Method of Automatic Sounding Selection on Nautical Charts

The doctoral thesis is divided into the following chapters:

- 1 Introduction
- 2 Overview of previous research
- 3 Automatic sounding on nautical charts
- 4 A new method of automatic sounding selection on nautical charts based on the sea bed inclination
- 5 An accuracy analysis of comparative sounding methods
- 6 Conclusion



Dejan Lovrinčević doktor tehničkih znanosti

Dejan Lovrinčević rođen je u Splitu 1. svibnja 1985. U Splitu je pohađao osnovnu školu „Spinut“. Maturirao je 2004. na Graditeljsko-geodetskoj tehničkoj školi u Splitu. Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je 2010. Od iste godine zaposlen je u Kartografskom odjelu Hrvatskog hidrografskog instituta na mjestu redaktora pomorskih karata. Upisao je poslijediplomski doktorski studij geodezije i geoinformatike na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2012. godine. Sudjelovao je u izvođenju nastave kao vanjski suradnik na Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu iz predmeta Kartografske projekcije i Geoinformacijska infrastruktura. Samostalno i u koautorstvu objavio je šest znanstvenih i stručnih radova u domaćim i stranim časopisima te sudjelovao na desetak znanstveno-stručnih skupova.

Doktorski rad *Nova metoda izbora dubina na navigacijskim pomorskim kartama* sadrži 126 stranica formata A4, a uključuje sažetak na hrvatskom i engleskom, 58 slika, 6 tablica, popis literature sa 105 naslova i životopis.

Primjenjujući znanja o izradi pomorske navigacijske karte i pristup integraciji hidrografskih prostornih analiza temeljen na GIS-u, kao i smjernice i načela dobivene sustavnom analizom postojećih pomorskih navigacijskih karata HHI-a, u doktorskom radu opisana je nova metoda izbora dubina. Znanstveni doprinos dokorskog rada očituje se u definiranim pravilima i načelima primjene prostornih parametara nagiba i smjera u svrhu poboljšanja kvalitete izbora dubina. Doprinos se odnosi i na predložena rješenja za unaprjeđenje integracije završnog izbora dubina na postojeće stanje na karti. Predložena metodologija izbora dubina na temelju promjena reljefa morskog dna pokazala je potrebu za uvrštenjem dodatnih podloga osim hidrografskog originala kao osnove za izbor dubina.

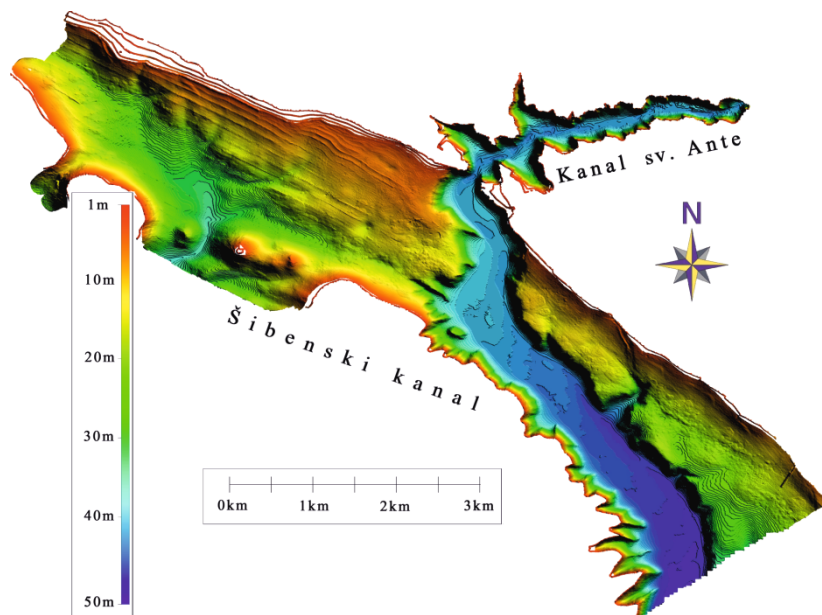
Nagib i smjer, kao često upotrebljavani parametri u ostalim područjima znanosti vezanim uz istraživanje i modeliranje morskoga dna, mogu pridonijeti točnosti informacije koju pomorski kartograf može pružiti korisniku. Kvaliteta hidrografske izmjere omogućuje računanje navedenih parametara i cijeli niz drugih sa zadovoljavajućom preciznosti za odabir dubina na pomorskoj karti. Kao jedan od najvećih nedostataka službenog ručnog izbora dubina na kartama HHI-a pokazala se prevelika gustoća, odnosno velik broj dubina na karti. Razlog gustog sadržaja je ograničavanje mogućih pogrešaka kvantitetom izbora, ali je ipak djelomično utjecao na reprezentativnost provedene analize točnosti.

Dejan Lovrinčević, dipl. ing. geod. obranio je 5. listopada 2018. doktorski rad *Nova metoda izbora dubina na navigacijskim pomorskim kartama* (New method of automatic sounding selection on nautical charts). U Povjerenstvu za obranu bili su prof. dr. sc. Stanislav Frangeš, izv. prof. dr. sc. Robert Župan i prof. dr. sc. Josip Faričić s Odjela za geografiju Sveučilišta u Zadru. Mentor je bio prof. emer. Miljenko Lapaine.

Nova metoda izbora dubina na navigacijskim pomorskim kartama

Doktorski rad podijeljen je na sljedeća osnovna poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled dosadašnjih istraživanja
3. Izbor dubina na pomorskim kartama
4. Nova metoda automatskog izbora dubina na temelju nagiba morskog dna
5. Analiza točnosti usporedbom metoda izbora dubina
6. Zaključak



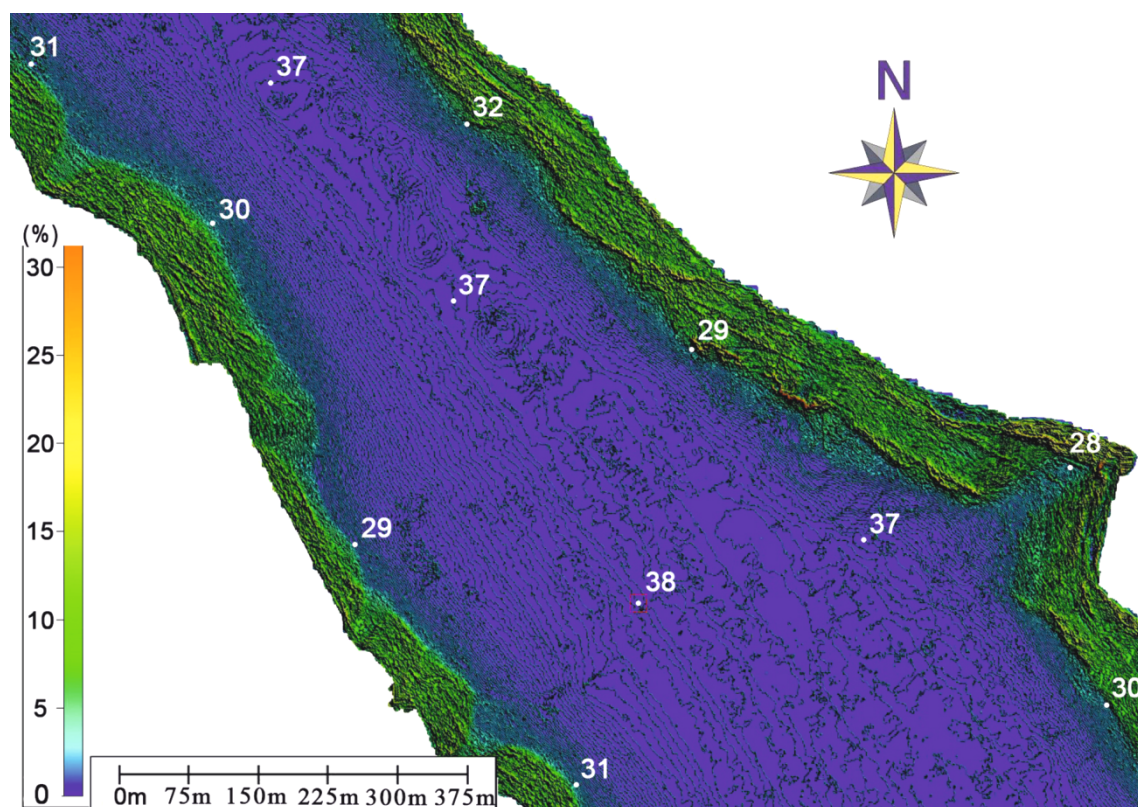
representativeness of analysis accuracy. It is impossible to perform manual sounding selection when producing large-scale hydrographic surveys, which will be needed more and more in future, and there is also the forced use of the unresearched automatic selection option in dKart Editor in order to perform a kind of semi-automatic selection. These issues point to the difficulty and unsustainability of current methods. It has been shown that manual selection, which relies primarily on analysing soundings in a hydrographic survey, cannot improve quality without the addition of new informatics underlays, such as characteristics of the sea bed and underwater relief objects. Reducing the negative effects of such improvised methods of selecting sounding quantities interferes with the arrangement of symbols on a chart and makes it harder to read. The chart is overloaded visually and is harder to use for navigation.

One important drawback, which can be reduced considerably by automation, is the lack of consistency and uniformity of selection. The opportunity to interpret sounding selection principles freely, and the fact that various cartographers have exercised it, leads to different approaches to very similar types of area and different visualisations on charts for the same navigational purposes. Special sounding selections, such as those close to dock objects, do not present challenges to cartographers, since they are simple, while charts are usually large-scale, covering small areas. In such cases, it is usually necessary to carry out a hydrographic survey with a small number of soundings. Regardless of the important aspect of sounding selection, in such situations, automatic selection of shallow bias algorithms has proved extremely ineffective. However, in combination with corridors, and in accordance with adjusted priorities, sounding selection has shown that the results faithfully simulate examples of manual selection.

By defining standard mean distances between depths near docks, the automatic selection proposed can contribute

to the uniformity of selection without compromising the quality of existing depictions for all dock charts, and reduce the time required to process data and sounding selection. An important, essential preparation task which affects the accuracy of the proposed selection method is the definition of dock objects. This must be done, whether the chart is paper or electronic. An analysis of sounding selections near depth curves has shown a lack of logic and shortcomings which arise when too many soundings are used for a particular area. Automatic selection with shallow bias algorithms has been shown to be the worst choice. Apart from sounding selection at depth curves, the greatest safety omission is the lack of selection of critical soundings for shallow underwater areas, due to their closeness to each other, and the lack of selection of sounding within enclosed depth curves, which do not concern significant shallows. Although the minimum goal of this research was to achieve a level of manual examples by using high quality automatic selection, manual selection proved inadequate for sounding selection near depth curves. In addition, soundings which describe underwater relief objects do not give precise information on their sizes. Both shortcomings prove the hypotheses of this work regarding the need to apply additional information in sounding selection. Failing to account for depth curves in manual selection leads to the selection of unnecessary soundings, which does not respect the principle of establishing practical and visual agreement between symbols depicting the sea bed. Manual searching for soundings around underwater relief objects, without using data on the sea bed inclination, results in a lack of accurate information.

The proposed automatic inclination method, by applying rules on sounding selection near depth curves, provides the clearest visualisation of the sea bed. The difference between the manual and automatic methods lies in the number of soundings selected. The research



Nemogućnost izvođenja ručnog izbora dubina kod obrade velikih hidrografskih izmjera, kakvih bi ubuduće trebalo biti sve više, kao i prisilna upotreba neistražene opcije automatskog izbora u dKart Editoru za obavljanje neke vrste poluautomatskog izbora očito ukazuju na poteškoće i neodrživost postojećih metoda. Pokazalo se da ručni izbor koji se oslanja prvenstveno na analizu dubina hidrografske izmjere ne može podići razinu kvalitete bez dodavanja novih informacijskih podloga poput karakteristika morskog dna, odnosno obilježja podvodnih reljefnih oblika. Ublažavanje negativnih efekata takvih improviziranih metoda izbora kvantitetom dubina narušava sklad znakova na karti i umanjuje njenu preglednost. Karta postaje vizualno preopterećena te je njezina primjena za navigaciju otežana.

Jedan od značajnih nedostataka, čiji se negativni utjecaj može znatno umanjiti automatizacijom, manjak je konzistentnosti i uniformnosti izbora. Mogućnost slobodnije interpretacije načela izbora dubina te činjenica da različiti kartografi izvode taj izbor dovodi do različitih pristupa vrlo sličnim tipovima područja te njihove drugačije vizualizacije na kartama iste navigacijske svrhe. Izbor posebnih tipova dubina, poput dubina uz pristanišne objekte, za kartografa ne predstavlja izazov zbog svoje jednostavnosti i činjenice da je riječ o kartama krupnog mjerila, odnosno malim područjima. U tom je slučaju najčešće potrebno obraditi hidrografske izmjere s malim brojem dubina. Ne uzimajući u obzir taj važni aspekt izbora dubina, u navedenim situacijama automatski izbor plitko orijentiranim algoritmima pokazao se vrlo neučinkovitim. Međutim, u kombinaciji s koridorima te sukladno

prilagođenim prioritetom izbora dubina pokazalo se da rezultat vjerno simulira primjere ručnog izbora.

Definiranjem standardnih srednjih udaljenosti među dubinama uz pristaništa, predloženi automatski izbor može bez narušavanja kvalitete postojećih prikaza pridonijeti uniformnosti izbora svih pristanišnih navigacijskih karata i smanjiti vrijeme obrade podataka i izbora dubina. Jedina važnija obavezna predradnja koja utječe na točnost predložene metode izbora je definiranje objekata za pristajanje. To je u svakom slučaju potrebno napraviti, bez obzira na to je li riječ o papirnoj ili elektroničkoj karti. Analiza izbora dubina u blizini izobata ukazala je na nelogičnosti i manjkavosti do kojih dolazi ako se za određeno područje upotrijebi previše dubina. Automatski izbor plitko orijentiranim algoritmima pokazao se najlošijim. Osim izbora dubina na izobatama, najveći sigurnosni propust je neizbor kritičnih dubina kojima se označavaju plitki dijelovi podmorja zbog njihove male međusobne udaljenosti te neizbor dubina unutar zatvorenih izobata ako nije riječ o značajnoj pličini. Iako je minimalni cilj ovog istraživanja bio kvalitetom automatskog izbora dostići razinu ručnih primjera, po pitanju izbora dubina u blizini izobata ručni se izbor pokazao manjkavim. Zbog održavanja pravilnog rasporeda dubina, često su izabirane dubine na izobatama. Također, dubine koje opisuju podmorske reljefne oblike ne daju točnu informaciju o veličini tih oblika. Oba navedena nedostatka dokazuju hipoteze rada o potrebi primjene dodatnih informacija pri izboru dubina. Neuzimanje izobata u obzir pri ručnom izboru uzrok je izbora nepotrebnih dubina na njima, čime se ne poštuje načelo o uspostavi praktičnog i

showed that by removing unnecessary soundings near depth curves, through visual quality and readability and reducing the number of soundings, manual selection was better depicted, just like the inclination method. The accuracy of soundings of the underwater relief shape using the inclination method is more precise situationally and vertically, due to the definition of the area of changed inclination terrain, that is, the edge of a relief object, and correctly defines the underwater shape. By comparing sounding selection using the manual method, automatic method and the dKart and SevenCs programmes, and the proposed automatic methods based on terrain inclination from a large hydrographic survey of the Šibenik area, it was concluded that the best spatial approximation of the sea bed was provided by the inclination method. In all the tests carried out, there was a visible difference in the quality of the inclination method and manual selection in relation to the methods used in the programmes. The difference in accuracy according to all test criteria, such as vertical divergence, effect of sea bed inclination, and variations in divergence by sounding areas, indicate a great degree of similarity between the results gained using the inclination method and those using the manual method. This was confirmed by statistical tests which indicated a high level of correlation between the results of the two methods.

In the south part of the Middle Channel (between the islands of Pašman and Žut) the results of the automatic selection of dKart and SevenCs were again shown to be the worst, so it can be concluded that shallow bias algorithms are unreliable in practical use as independent or auxiliary methods as part of semi-automated selection. They could perhaps be used in combination with a manual method, but this would require isolating all the relevant level parts of the sea bed where their accuracy could be considered satisfactory, since significant variations in the relief have a considerable influence on their effectiveness. The results of the manual sounding method showed that it is spatially the best and is characterised by a smaller range of deviation in reference to the Šibenik area. The results of the inclination method were visibly poorer than in the previous area. The reason for the decline in selection quality was the configuration of the sea bed. Although the Šibenik area has many more soundings and underwater relief objects, and covers a larger area, the clarity of depicting inclination elements was very high. It was this high level of definition of calculated inclination elements, along with the recognition of underwater relief shapes, that was the main reason for the high-quality results of the inclination method in this area. The shallows, with a partially filled circular inclination element, were clearly demarcated from the underwater channel with a pair of extended inclination elements, and this allowed the untrammelled application of sounding selection rules. However, the Middle Channel area has a number of complicated combinations of unusual underwater relief objects at much shorter distances. Accordingly, the layer of inclination contains intertwined

elements joined by very narrow, indistinct variations of the sea bed relief. The low level of distinctness made the procedure of recognising underwater relief objects based on inclination and the application of parameters for appropriate sounding selection for their visualisation extremely difficult. In spite of this, the quality of the inclination selection method was considered satisfactory, and the lower quality of selection in relation to manual selection negligible. It is obvious that the inclination method did not achieve the stability of selection quality and that variations were more significant, depending on the effect of the sea bed relief. However, the mean value of discrepancy for the areas tested indicated that the relief method may compete with the level of manual selection in terms of accuracy, if other advantages provided by automation are considered (shorter selection time and the possibility of processing input data from a hydrographic survey regardless of size).

A New Method of Automatic Sounding Selection on Nautical Charts

It is important to mention that only data which referred to the Adriatic Sea were used, but the selection of appropriate parameters may lead to the applicability of a method for general use, for which further analysis is needed. The results obtained form a basis for future research which could be directed through an analysis of the accuracy of various input algorithm parameters towards defining their optimum values, and allow a clearer picture to be gained of the best ratio of sounding numbers and depiction quality, that is, the best depiction of an area with the least number of soundings for the purpose of the HHI production process. Using the insights gained into the deficiencies of manual selection, automatic selection in chart production programmes and their combination in the form of semi-automatic selection, along with knowledge of the application of inclinations, directions, depth curves, docks and corridors on the edges of a hydrographic survey, the research conducted may contribute to improving current methods.

The commission for the defence of the doctoral thesis *A New Method of Automatic Sounding Selection on Nautical Charts* concluded that Dejan Lovrinčević had made a significant contribution to modern cartography, particularly to the automation of sounding selection, which is an essential element in the production of navigational charts.

Miljenko Lapaine ■

vizualnog suglasja među znakovima koji služe za prikaz morskog dna. Ručna potraga za dubinama u okolici podmorskih reljefnih oblika bez upotrebe podataka o nagibu morskog dna rezultira nedovoljno točnim informacijama.

Predložena automatska metoda nagiba je primjenom pravila o izboru dubina uz izobate dobila vizualno najjasniji prikaz morskog dna. Razlika između ručne i automatske metode je i u broju izabranih dubina. Istraživanjem je ustanovljeno da bi uklanjanjem nepotrebnih dubina uz izobate, vizualnom kvalitetom i preglednošću te smanjenim brojem dubina ručni izbor dobio poboljšani prikaz, jednako kao i metoda nagiba. Točnost dubina uz podmorski reljefni oblik kod metode nagiba položajno je i vertikalno preciznija zbog definiranja područja promjene nagiba terena, tj. ruba reljefnog oblika, te pravilno opisuje taj podmorski oblik. Usporedbom izbora dubina između ručne metode, automatskih izbora iz programa dKart i SevenCs te predložene automatske metode na temelju nagiba terena na primjeru velike hidrografske izmjere šibenskog područja, zaključeno je kako najbolju prostornu aproksimaciju morskog dna daje metoda nagiba. U svim je provedenim testiranjima vidljiva razlika u kvaliteti metode nagiba i ručnog izbora u odnosu na metode u programima. Razlika u točnosti po svim testiranim kriterijima, kao što su vertikalno odstupanje, utjecaj nagiba morskog dna te varijacije odstupanja po dubinskim područjima, ukazuje na veliku sličnost između rezultata dobivenih metodom nagiba i ručnom metodom. Navedeno je potvrđeno i statističkim testovima koji ukazuju na visoku razinu korelacije rezultata navedenih metoda.

Na području južnog dijela Srednjeg kanala (između otoka Pašmana i Žuta) rezultati su opet razdvojili automatske izbore iz programa dKart i SevenCs kao najlošije, te se može zaključiti da su plitko orijentirani algoritmi nesigurni za upotrebu u praksi kao samostalne metode ili kao pomoćne metode u sklopu poluautomatskog izbora. Njihova eventualna upotreba u kombinaciji s ručnom metodom zahtijevala bi izdvajanje svih relativno ravnih dijelova morskog dna gdje se njihova točnost može smatrati zadovoljavajućom, budući da značajne varijacije reljefa imaju znatan utjecaj na njihovu efikasnost. Rezultati izbora ručne metode pokazali su se prostorno najboljima te se odlikuju manjim rasponom odstupanja u odnosu na šibensko područje. Rezultati metode nagiba vidljivo su lošiji nego u prethodnom području. Razlog pada kvalitete izbora je konfiguracija morskog dna. Naime, iako je šibensko područje sadržavalo mnogo više dubina i podmorskih reljefnih oblika te je obuhvaćalo i veće područje, jasnoća prikaza elemenata nagiba bila je vrlo visoka. Upravo je visoka razina razlučivosti izračunanih elemenata nagiba, a time i prepoznavanja podmorskih reljefnih oblika, glavni razlog vrlo kvalitetnog rezultata metode nagiba na navedenom području. Pličina koja je svojim djelomično ispunjenim kružnim elementom nagiba jasno odvojena od podmorskog kanala s parom izduženih elemenata nagiba, omogućila je neometanu primjenu pravila izbora dubina. Međutim, po-

druče Srednjeg kanala ističe se kompliciranim kombinacijama neobičnih podmorskih reljefnih oblika na puno manjim udaljenostima. Sukladno tome, sloj nagiba sadrži isprepletene elemente koji su spojeni vrlo uskim i nejasnim varijacijama reljefa morskog dna. Niska razina razlučivosti otežala je postupak prepoznavanja podmorskih reljefnih oblika na temelju nagiba te primjenu parametara za izbor prikladnih dubina za njihovu vizualizaciju. Unatoč tome, kvaliteta izbora metode nagiba može se smatrati zadovoljavajućom, a pad kvalitete izbora i odnosa na ručni izbor neznčajnim. Očito je da metoda nagiba nije postigla stabilnost kvalitete izbora te da su varijacije značajnije ovisno o utjecaju reljefa morskog dna. Međutim, srednja vrijednost odstupanja za testirana područja ukazuje da metoda reljefa može svojom točnosti dostići razinu ručnog izbora, uz doprinos ostalih prednosti koje donosi automatizacija (znatno kraće vrijeme izbora te mogućnost obrade ulaznih podataka hidrografske izmjere neovisno o veličini).

Nova metoda izbora dubina na navigacijskim pomorskim kartama

Važno je napomenuti da su upotrijebljeni isključivo podaci koji se odnose na Jadransko more, no odabir odgovarajućih parametara može dovesti do primjenjivosti metode na općenitijim primjerima, za što je ipak potrebno provesti dodatne analize. Dobiveni rezultati su osnova za buduća istraživanja koja bi analizom točnosti različitih ulaznih parametara algoritma bila usmjerena na definiranje njihovih optimalnih vrijednosti te omogućila dobivanje jasnije slike o najpovoljnijem omjeru broja dubina i kvalitete prikaza, tj. najbolji prikaz nekog područja s najmanjim brojem dubina za potrebe proizvodnog procesa HHI-a. Dobivenim spoznajama o nedostacima ručnog izbora, automatskog izbora u programima za izradu karata i njihovoj kombinaciji u obliku poluautomatskog izbora, kao i spoznajama o primjeni nagiba, smjera, izobata, pristaništa i koridora na rubu hidrografske izmjere, provedeno istraživanje može već sada pridonijeti unaprjeđenju postojećih metoda.

Povjerenstvo za obranu doktorskog rada *Nova metoda izbora dubina na navigacijskim pomorskim kartama* zaključilo je da je Dejan Lovrinčević, dipl. ing. geod. dao vrijedan znanstveni doprinos suvremenoj kartografiji, posebno automatizaciji izbora dubina što je značajan element pri izradi navigacijskih pomorskih karata.

Miljenko Lapaine ■