

INTERAKTIVNA TRODIMENZIONALNA KARTOGRAFSKA VIZUALIZACIJA OTOKA RAVE

UVOD

Tehnologija, znanost i društvena okolina u kojoj kartografija djeluje, a u kojoj se karte proizvode i koriste, posljednjih se godina znatno promijenila. Pod utjecajem novih tehnologija i medija nastali su kartografski prikazi koji izlaze izvan uobičajenih okvira karte kao trajnog proizvoda na papiru (FRANGEŠ, FRANČULA, LAPAINE, 2002.).

Vizualnom razmišljanju i dinamičnom prikazu informacija znatno je pridonijela i upotreba animacije u digitalnoj kartografiji. Naime, većina je karata statična, bile one dvodimenzionalne ili trodimenzionalne, pa imaju tomu primjerenu kartografiku. Međutim, danas se u izradi karata više ne ograničavamo samo na statične dvodimenzionalne formate, nego se sve više uvode interaktivne virtualne okoline u kojima se prostorni podatci mogu dinamički prikazivati i istraživati. Stoga se prirodno nameće potreba istraživanja kartografike kod takvih prikaza.

IZVORNICI

Za izradu trodimenzionalne vizualizacije otoka Rave bilo je potrebno kombinirati prostorne podatke iz različitih izvora. Primarni izvornici upotrijebljeni za izradu te vizualizacije jesu aerofotogrametrijski snimci i list topografske karte.

Ti su izvornici odabrani jer se međusobno dopunjuju pri pružanju informacija o obliku, veličini i položaju otoka, ali i prirodnim i umjetno izgrađenim objektima i ostalom sadržaju koji želimo prikazati.

Naime, karte i planovi signaturni su oblik prikazivanja nekog područja i na njima su u određenoj projekciji i u određenom mjerilu pomoću crteža, boja, uvjetnih znakova i naziva po nekom usvojenom ključu prikazani zemljišni oblici i ostali sadržaji (LAPAINE, FRANČULA, 1998.).

Tako se s topografske karte u mjerilu 1:25 000 (TK25) može prikupiti velik broj informacija

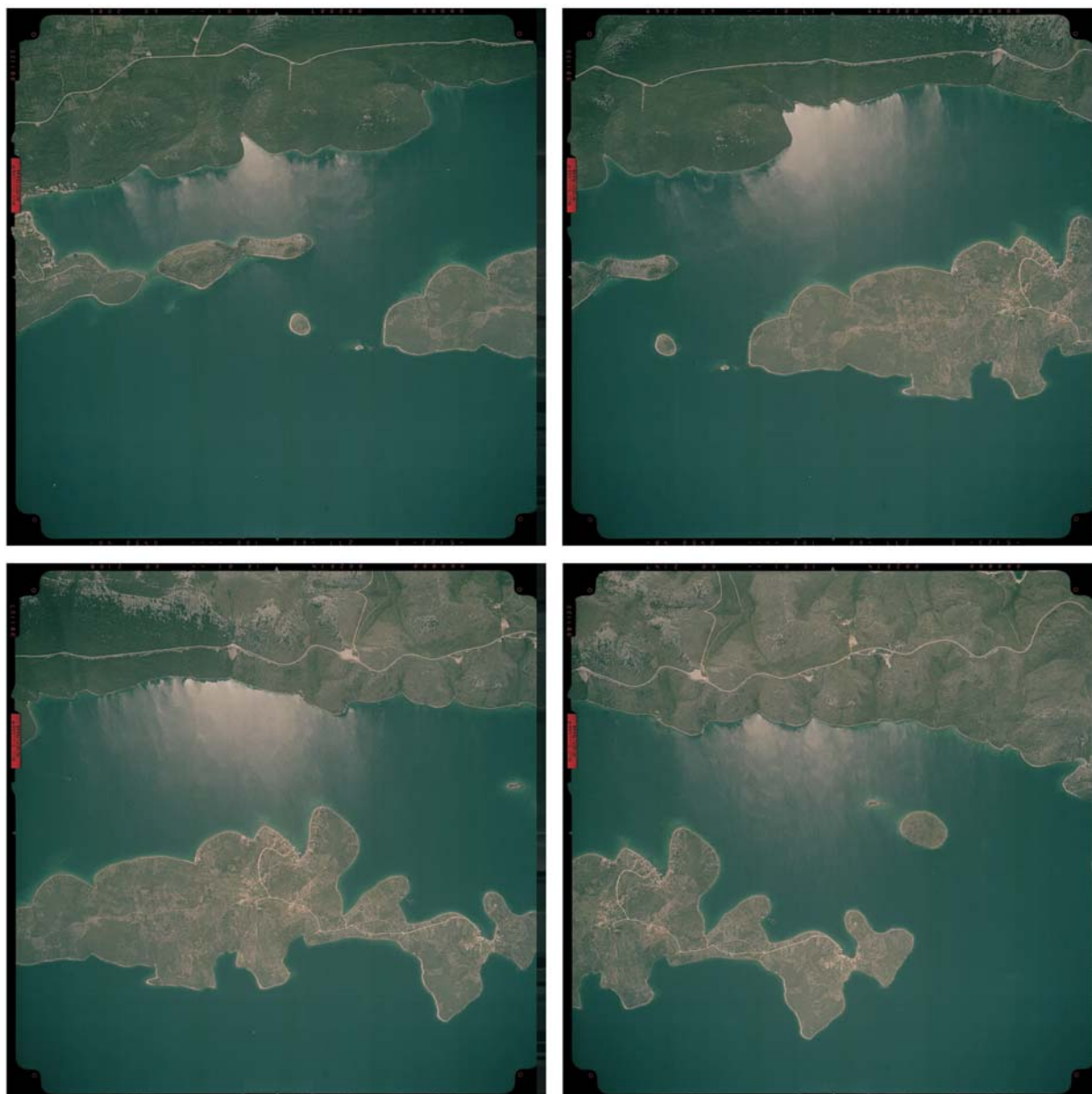
o mjesnim prilikama Rave koje se odnose na naselja, toponime, prometnice, vode, oblike reljefa, vegetaciju i niz drugih objekata. Rava je prikazana na listu TK25 469-3-3 Veli Iž (Sl. 1).

Za razliku od karte koja daje prikaz pomoću kartografskih znakova, aerosnimak je slika određenog područja zabilježena u trenutku snimanja. Na toj je slici vidljiv sadržaj prikazan svojim oblikom i dimenzijama pomoću razlika u tonovima boja. Stereoskopskim promatranjem parova snimaka dobiva se vjerna trodimenzionalna predodžba. Snimci, dakle, sadrže obilje informacija koje se na karti ne prikazuju, a koje korisnicima specifičnih informacija mogu jako dobro poslužiti. S druge strane, snimak ne će sadržavati neke važne informacije koje sadrže karte. To su u prvom redu nazivi, koordinatni sustav i jedinstveno mjerilo.

Slika 1. Otok Rava na isječku lista TK25 469-3-3 Veli Iž, Vojnogeografski institut, 1979.



Slika 2. Četiri aerosnimka otoka Rave, proizvod DGU, 2006.



Četiri aerosnimka jednog niza snimljena u približnom mjerilu 1:20 000 pokrivaju područje otoka Rave (Sl. 2). Snimci su proizvod Državne geodetske uprave. Područje otoka Rave snimljeno je u sklopu aerofotogrametrijskog snimanja Republike Hrvatske koje je u svibnju 2006. izvršila tvrtka Geofoto d.o.o. Snimci su snimljeni u boji aerofotogrametrijskom mjernom kamerom Wild RC 20 i prevedeni u digitalnu sliku skeniranjem. Skenirani su fotogrametrijskim skenerom visoke geometrijske točnosti s rezolucijom od 21 μm , što je rezultiralo datotekama u formatu TIFF od kojih svaka zauzima približno 363 MB. Veličina pojedinoga skeniranog snimka iznosi

približno 23cm \times 23 cm, odnosno 11 200 \times 11 200 piksela, a rezolucija 476 piksela/cm ili 1210 dpi.

MODELIRANJE OTOKA RAVE POMOĆU FOTOGRAMETRIJSKOG I GEOINFORMATIČKOG SOFTVERA

Zbog složenosti zadatka, te u svrhu izrade cjelovitoga kartografskog modela otoka Rave, bilo je potrebno kombinirati više različitih softvera. Iz tih su softvera, u različitim koracima obrade, proizašli različiti rezultati čiji je pregled dan u ovom poglavlju.

IZRADA DIGITALNOG MODELA RELJEFA I ORTOFOTOSLIKE NA DIGITALNOJ FOTOGRAMETRIJSKOJ RADNOJ STANICI U PROGRAMU VIRTUOZO

Digitalni model reljefa i ortofotoslika otoka Rave izrađeni su na digitalnoj fotogrametrijskoj radnoj stanici u softveru VirtuoZo. VirtuoZo je fotogrametrijski softver koji se upotrebljava kao osnova za prikupljanje geoinformacija izravno iz digitalnih snimaka (URL1). VirtuoZo se sastoji od modula koji su posebno dizajnirani za rješavanje zadataka digitalne fotogrametrije – od unosa snimaka do izrade ortofotoslike.

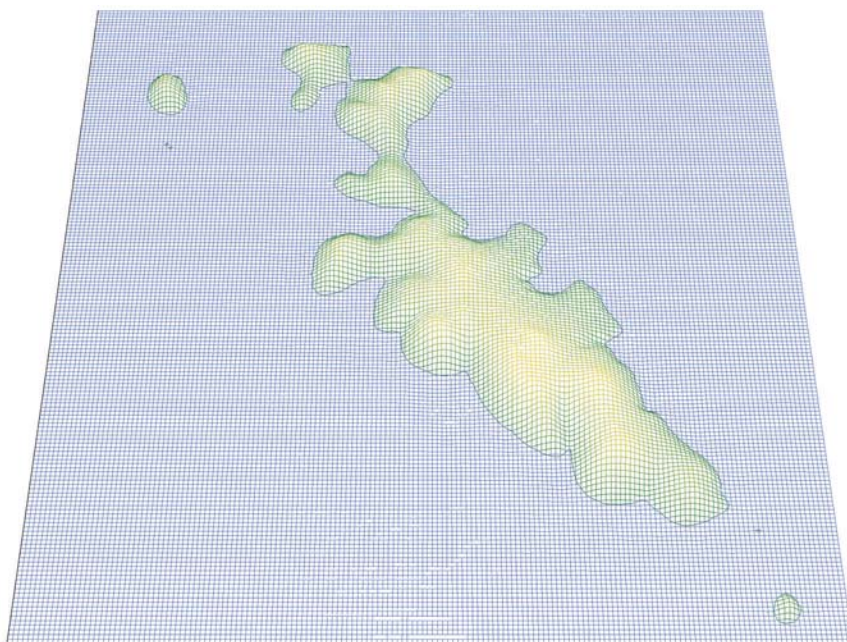
Kao izvorni podatci za izradu digitalnog modela reljefa i ortofotoslike otoka Rave izabrana su dva stereopara aerosnimaka. Uz aerosnimke dolazi certifikat o kalibraciji fotogrametrijske mjerne kamere Wild RC 20. Taj certifikat sadrži informacije o slikovnim koordinatama svih rubnih markica i udaljenosti između markica (uzduž osi i dijagonalno), koordinate glavne točke autokolimacije, glavne točke najbolje simetrije i srednje točke snimka u istom koordinatnom sustavu, konstantu kamere c , srednju krivulju radijalne distorzije, datum kalibriranja i podatke o oštini snimka. Ti su podatci potrebni za uspostavljanje veze između položaja piksela i slikovnog koordinatnog sustava. Taj se odnos određuje mjerenjem slikovnih koordinata rubnih markica na skeniranim aerosnimcima u postupku unutarnje orijentacije.

Parametri vanjske orijentacije za svaki od snimaka (koordinate projekcijskih središta i rotacijska matrica) dobiveni su metodom izjednačenja zrakovnog snopa u postupku aerotriangulacije bloka. Navedeni parametri zapisani su u Tehničkom izvješću o aerotriangulaciji koje je izradio Zavod za fotogrametriju d.d. Zagreb prema narudžbi Državne geodetske uprave. Vanjska orijentacija modela izvršena je izravnim unosom tih parametara.

Nakon što su učitani snimci i navedeni orijentacijski elementi stereoparova, postoje uvjeti za epipolarno preuzorkovanje i usklađivanje snimaka (KRAUS, 2005.). U digitalnim sustavima poput VirtuoZoa predviđeno je da se ti zadatci rješavaju automatski. Ipak, fotogrametrijski alati nisu savršeni.

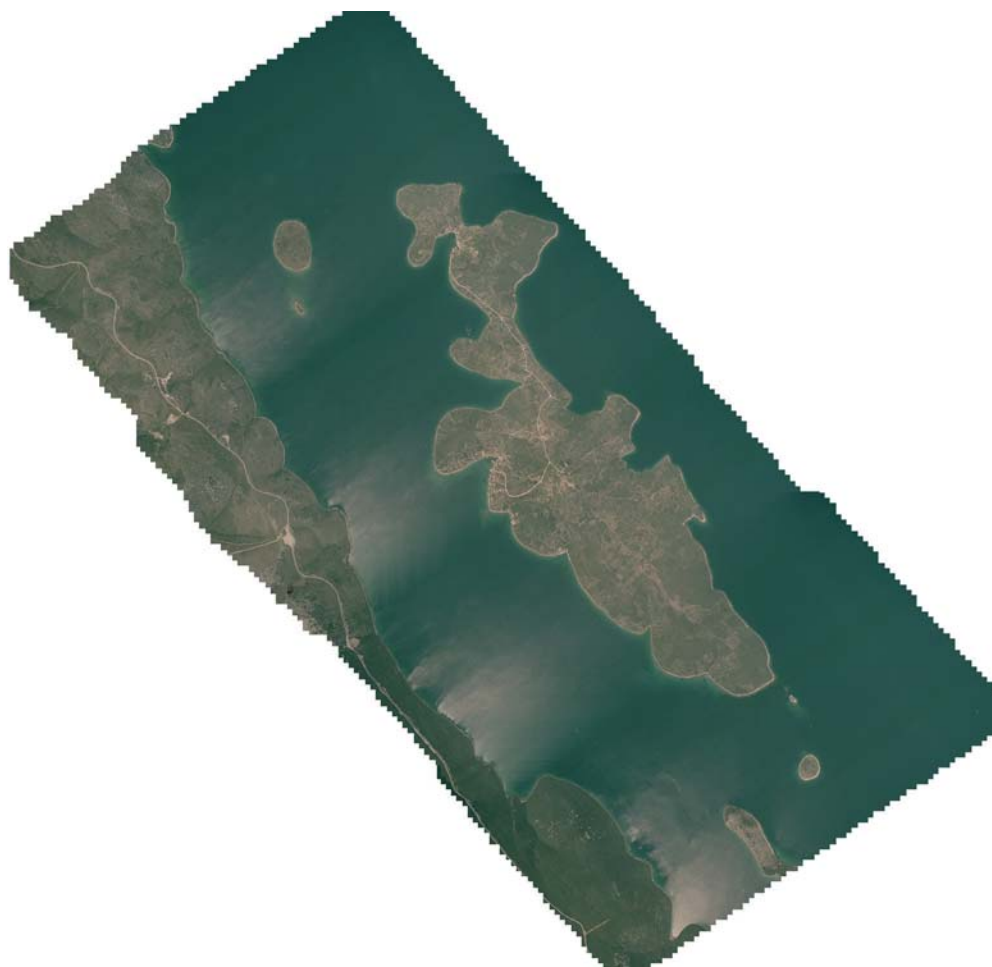
Naime, problemi su nastali u postupku automatskog usklađivanja snimaka. Budući da na snimcima dominira velika morska površina slabo izražene teksture, rezultati automatskog usklađivanja nisu bili zadovoljavajući, što je rezultiralo lošom kvalitetom digitalnog modela reljefa. Stoga digitalni model reljefa (DMR) otoka Rave izrađen u VirtuoZou nije upotrijebljen u daljnjim koracima vizualizacije, već je iz visinskih podataka koji su dobiveni digitalizacijom izohipsi TK25 izrađen novi DMR.

DMR je numerički zapis položajno i visinski određenih točaka i geometrijskih elemenata koji prikazuju reljef zemljišta i iz njih izračunat



Slika 3. DMR otoka Rave, vizualizacija pomoću mreže

Slika 4. Ortofotoslika otoka Rave dobivena mozaiciranjem iz dvaju modela (stereopara)



matematički model Zemljine površine. Datoteka DMR-a otoka Rave sastoji se od visina točaka koje su raspoređene u pravilnom rasteru na razmaku od 2 m (Sl. 3).

Ortofotoslika je aerosnimak kojem su, posebnim postupcima, uklonjeni efekti distorzije objektiva fotokamere, te efekti promjene mjerila snimka i položaja objekta uslijed visine terena. Ortofotopostupkom su aerosnimci Rave, koji su dobiveni u centralnoj projekciji, s centrom projekiranja u optičkom centru objektiva fotokamere, a koji imaju različito mjerilo u svojim različitim dijelovima, prevedeni u ortofotosliku koja je u ortogonalnoj projekciji i koja ima jedinstveno mjerilo na cijelom svojem području.

Budući da su za izradu ortofotoslike Rave bila potrebna dva stereopara aerosnimaka, u modulu za mozaiciranje susjedne slike spojene su u ortofotomozaik (Sl. 4).

UREĐIVANJE ORTOFOTOSLIKE U PROGRAMU ZA OBRADU SLIKE COREL PHOTOPAINT

Nakon što je u VirtuoZou izrađena ortofotoslika otoka Rave koja je oslobođena karakterističnih geometrijskih deformacija, nastavljeno je s daljnjom obradom slike.

Budući da na aerosnimcima prevladavaju tamni tonovi i zelena boja, taj se problem pojavio i na izrađenoj ortofotoslici. Stoga je ortofotosliku bilo potrebno modificirati upotrebom različitih alata za obradu rasterske slike. To je izvršeno u grafičkom programu Corel PhotoPaint.

Ortofotoslika je najprije izrezana na unaprijed zadano područje. Korigirane su boje, svjetlina i kontrast slike. Tekstura mora umjetno je dodana upotrebom alata *clone*. Rezultat je estetski prihvatljivija ortofotoslika otoka Rave koja će zadovoljiti potrebe vizualizacije (Sl. 5).

INTERAKTIVNA TRODIMENZIONALNA VIZUALIZACIJA RAVE U VIRTUAL TERRAIN PROJECTU

VTP (Virtual Terrain Project) je projekt u kojem je nastao istoimeni softver čiji je cilj potaknuti stvaranje alata za jednostavno kreiranje bilo kojeg dijela stvarnog svijeta u interaktivnom trodimenzionalnom obliku (URL2). VTP pomaže korisnicima da iz različitih podataka – visina, točaka, vektora, tematskih slojeva, satelitskih i aerosnimaka, kreiraju složeni oblik računalne simulacije pri kojoj korisnik ima iluziju da se kreće po virtualnom terenu.

Postoje dvije osnovne aplikacije kreirane za dvije faze modeliranja: VTBuilder i Enviro. VTBuilder je alat sličan GIS alatima, a služi za učitavanje različitih formata geopodataka, njihovu obradu, te pripremu obrađenih podataka za vizualizaciju. Enviro je program, koji preuzima podatke obrađene u VTBuilderu i omogućuje korisniku interaktivnu trodimenzionalnu navigaciju kroz virtualni teren.

Spomenute aplikacije namijenjene su korisnicima čiji je cilj kreirati vlastitu vizualizaciju nekog područja. Budući da je izvorni kôd u cijelosti dostupan, razvojni programeri mogu osmisliti vlastitu prilagodbu programa specifičnom području primjene. Licenca je javna, te dopušta ljudima, pa ih čak i ohrabruje da softver upotrebljavaju za vlastite potrebe i na taj mu način dodaju novu vrijednost.

IZRADA TRODIMENZIONALNE KARTOGRAFSKE VIZUALIZACIJE OTOKA RAVE U PROGRAMU VTBUILDER

Kao ulazni podatci za izradu trodimenzionalne vizualizacije otoka Rave preuzeti su prethodno izrađeni digitalni model reljefa i ortofotoslika.

Nakon što su uneseni podatci razvrstani po slojevima, moguće je provesti različite operacije, poput prevođenja poligona u zgrade s odgovarajućim atributima, neobrađenih vektora u granice, vegetacije u pojedina stabla, itd. VTBuilder, između ostalih, nudi i alate za preuzorkovanje – transformiranje vrijednosti ćelija iz jednog skupa rasterskih podataka u drugi, novi, koji ima veće ili manje ćelije ili koji nije uklopljen s prvim.

Zbog toga što je potreban broj detalja za bliže objekte točki promatranja i za one dalje od te točke različit, upotrebljavaju se različite strategije pojednostavnjenja prikaza radi optimizacije br-

zine iscrtavanja. Izabrana je opcija prikazivanja terena kontinuiranom razinom detalja koja omogućuje automatsko iscrtavanje u *realnom vremenu* (najmanje nekoliko okvira u sekundi).

Svi obrađeni podatci u VTBuilderu organizirano se spremaju na disk i spremni su za prikaz u Envirou.

INTERAKTIVNA TRODIMENZIONALNA KARTOGRAFSKA VIZUALIZACIJA OTOKA RAVE U PROGRAMU ENVIRO

Pripremljene podatke Enviro prevodi u trodimenzionalnu geometriju i nudi korisniku mnoštvo mogućnosti za rukovanje trodimenzionalnim terenom – od odabira načina navigacije i točaka pogleda, uređivanja prikaza sjenčanjem, dodavanjem neba i mora, do umetanja toponima, raznovrsnih prirodnih i izgrađenih objekata i ostaloga kartografskog sadržaja prema koordinatama.

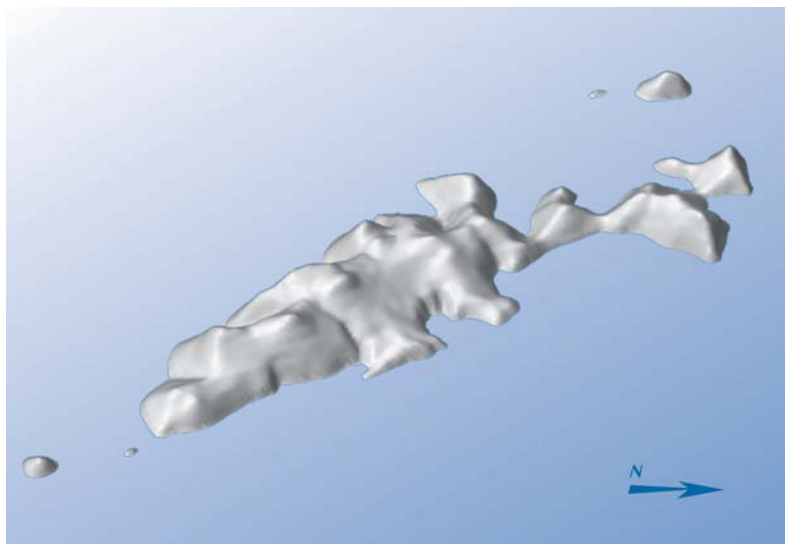
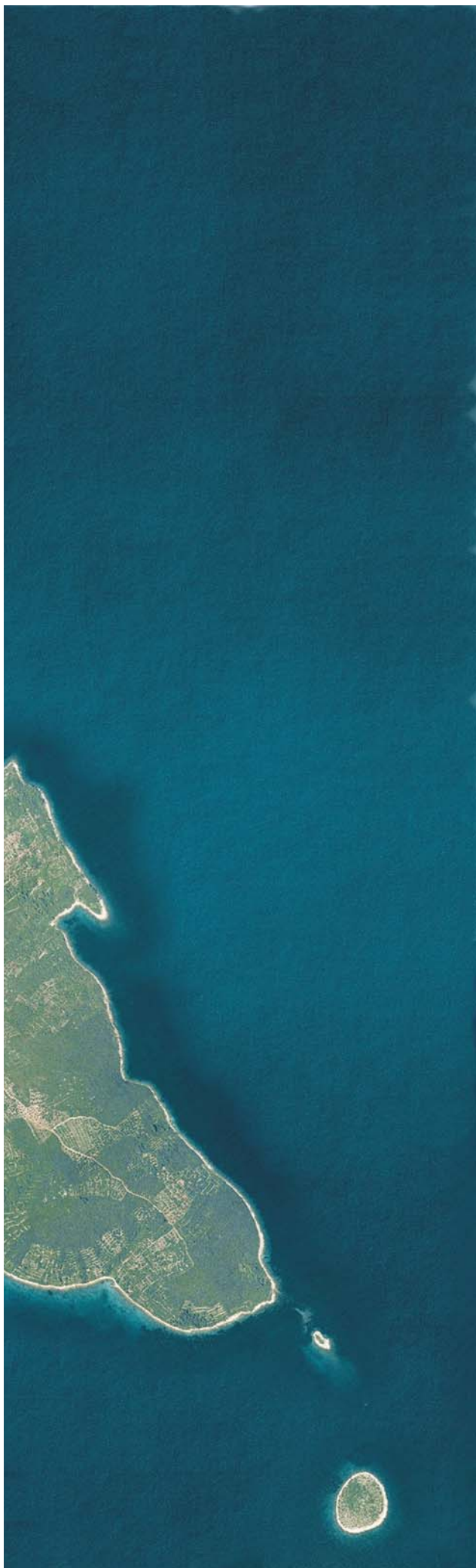
Ovisno o stupnju složenosti zadatka i svrsi kojoj će vizualizacija služiti, za trodimenzionalno prikazivanje mogu se primijeniti različite razine vizualizacije – mrežni model, sjenčani model, model u hipsometrijskoj skali boja, te preklapanje slika iz različitih izvora na model. Za ilustraciju izrađene su spomenute vizualizacije za područje otoka Rave i opisane su njihove osnovne značajke.

Najjednostavniji je prikaz mrežnim modelom (Sl. 3). Kod takvog modela trodimenzionalna tijela ili plohe u potpunosti su sastavljeni od linija, zorno prikazanih kao da je ploha konstruirana od žice. Mrežni modeli obično se primjenjuju za prikaze kompleksnih modela, u nedostatku računalnih resursa i kad je potrebna velika brzina promjene slike (frame rate).

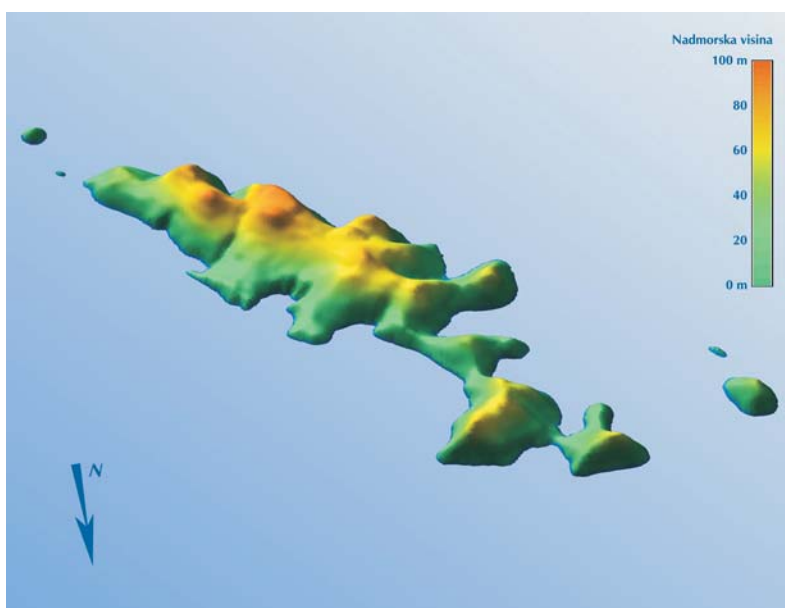
U vizualizaciji se prednost daje sjenčanim (Sl. 6) i hipsometrijskim prikazima reljefa (Sl. 7). Hipsometrijska skala boja je tehnika koja upotrebljava različite boje, pri čemu svaka boja označuje određeni visinski interval. Pri sjenčanju se upotrebljava sustav tonskih prijelaza od svijetlih k tamnim nijansama s obzirom na to jesu li pojedine plohe više ili manje osvijetljene.

S druge strane, ukoliko prikaz želimo upotpuniti i drugim sadržajem, moguće je karte i slike iz raznih izvora (aerosnimke, satelitske snimke) preklopiti s modelom. Projiciranjem sadržaja topografske karte na digitalni model terena izrađen je trodimenzionalni prikaz Rave koji sadrži sve informacije o mjesnim prilikama prikazanog područja, a u kojem se podatak o topografiji ne





Slika 6. Perspektivni prikaz reljefa otoka Rave dobiven sjenčanjem, visina uvećana tri puta



Slika 7. Perspektivni prikaz reljefa otoka Rave u hipsometrijskoj skali boja, visina uvećana tri puta

Slika 5. Ortofotografija otoka Rave nakon obrade u grafičkom programu Corel PhotoPaint

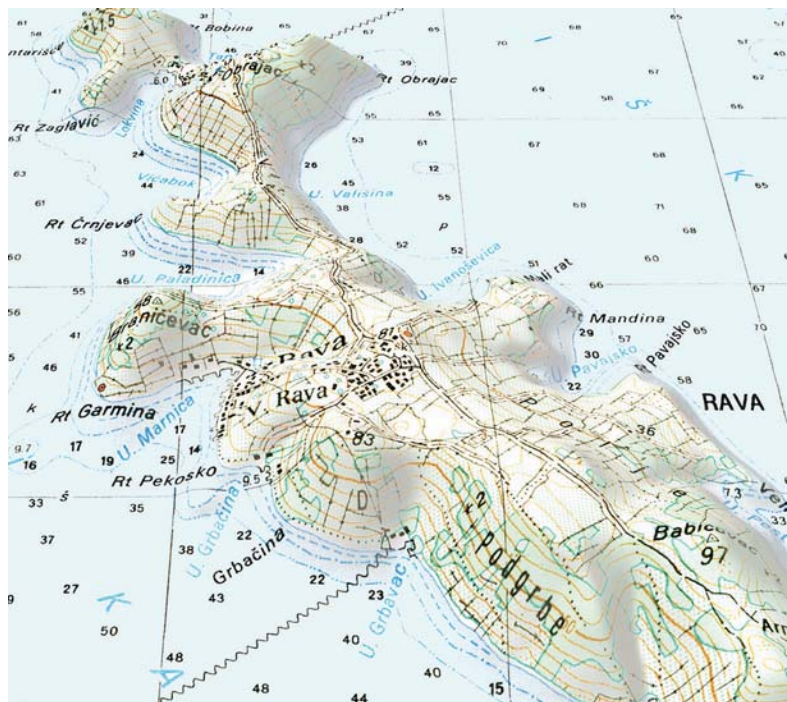
mora čitati s karte, nego se može shvatiti intuitivno (Sl. 8).

Istraživanja su pokazala (PETROVIĆ, MAŠERA, 2007.) da takve prikaze preferiraju korisnici (poput planinara, geodeta, geografa, građevinara) koji se i inače u poslu ili svakodnevnom životu služe topografskim kartama. Vizualizacija topografske karte u tri dimenzije izaziva dojam prostornosti i omogućava tematskim podacima s visinskom komponentom da budu prikazani u formatu koji više sliči prirodnim uvjetima. Planiranje rute, određivanje smjera sjevera i mjerenje visina na takvim prikazima moguće je izvršiti klasičnim načinima, dok je mjerenje udaljenosti, kao i kod većine statičnih perspektivnih prikaza određeni problem.

Preklapanjem sadržaja ortofotoslike Rave s digitalnim modelom reljefa istog područja izrađena je trodimenzionalna vizualizacija otoka, koja prilično vjerno odgovara stvarnom izgledu (Sl. 9).

Takva vizualizacija može biti obogaćena dodatnim tematskim sadržajem. Uvjerljivost prikaza otoka Rave postignuta je dodavanjem horizonta, umjetnog mora i neba. Konstruirani su modeli kuća, crkve, škole i drugih izgrađenih objekata, a pripremljeni su i nazivi mjesta, rtova, uvala i vrhova.

Slika 9. Vizualizacija otoka Rave dobivena preklapanjem ortofotoslike Rave s DMR-om istog područja



Slika 8. Vizualizacija otoka Rave dobivena preklapanjem lista TK25 s DMR-om istog područja

Za te podatke bilo je potrebno osmisлити način na koji će se oni prikazivati. To se ponajprije odnosi na razinu/mjerilo prikaza, a zatim i na odabir kartografskih znakova. Ti su objekti prema koordinatama smješteni na odgovarajuća mjesta u modelu što ovaj kartografski prikaz čini informativnijim i razumljivijim (Sl. 10).

Rezultat je kartografski prikaz u trodimenzionalnom prostoru koji nema jedinstveno mjerilo, ali sav sadržaj izražen je u stvarnim jedinicama – metrima. Enviro posjeduje alat za mjerenje udaljenosti, pa takav kartografski prikaz pruža mogućnosti interaktivnog istraživanja i analiza za stručnjake, ali i za one koji se s takvim prikazom prvi put susreću. Interaktivnost znači da se sadržaj i karakteristike prikaza mijenjaju prema zahtjevima korisnika, dajući korisniku slobodu izbora vrste prikaza, detalja i mjerila te čitav niz opcija za dobivanje dodatnih informacija.

Pri takvoj interaktivnoj trodimenzionalnoj kartografskoj vizualizaciji stvara se dojam prostornosti, visine se shvaćaju intuitivno, što dovodi do boljeg razumijevanja reljefa i zemljišnih oblika, a 3D simboli su shvatljivi bez upotrebe legende (CARTWRIGHT, PETERSON, GARTNER, 1999.).

ZAKLJUČAK

Izabrana konfiguracija programa i podataka pokazala je velike mogućnosti kada je u pitanju izrada interaktivne trodimenzionalne kartografske vizualizacije otoka Rave, te znači važnu pretpostavku za kvalitetnu kartografsku vizualizaciju različitih prostornih podataka u trodimenzionalnoj okolini u kojoj se podatci mogu dinamički prikazivati i istraživati.

Cilj provedenih istraživanja bio je izraditi kartografski prikaz koji je vizualno pregledan, u određenoj mjeri i zoran model prostora, a utjelovljuje jedinstvena svojstva kartografskog proizvoda – generaliziran je, upotrijebljeni su kartografski znakovi i dade se izmjeriti kako bi služio svrsi kojoj je namijenjen. Taj je problem uspješno riješen i može poslužiti kao dobar temelj za buduća istraživanja.

Buduća istraživanja trebaju biti usmjerena na odabir kartografike takvih prikaza. Naime, kartografski znakovi u vizualizaciji otoka Rave odabrani su i oblikovani na temelju vlastite intuicije i samo su jedan primjer vizualizacije prostornih podataka. Za iste podatke moguće je definirati niz različitih kartografskih znakova, pa je ovaj rad tek početni uvid u problematiku prikazivanja kartografskog sadržaja u tri dimenzije. Stoga je potrebno na kartografskoj vizualizaciji otoka Rave, i ostalim sličnim vizualizacijama, provesti daljnja istraživanja, testirati ih u korisničkom okruženju, kako bismo otkrili odnos korisnika prema njima te ih sukladno tome prilagodili i dodatno razvijali upotrebom vizualizacijskih tehnika.



Slika 10. Vizualizacija otoka Rave dopunjena kartografskim sadržajem: a – Mala Rava, b – Marnjica i c – Grbačina

Zahvala

Autori zahvaljuju Državnoj geodetskoj upravi na izvornicima ustupljenim bez naknade.

Ovaj je rad izrađen u okviru znanstvenog projekta Kartografija Jadrana (007-0071588-1593) što ga financijski podupire Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH.

LITERATURA

- CARTWRIGHT, W., PETERSON, M. P., GARTNER, G., UR (1999.): *Multimedia Cartography*, Springer, Heidelberg
- Fr an ge š, S., Fr an č ul a, N., Lapaine, M. (2002.): *Budućnost kartografije*, Kartografija i geoinformacije, sv. 4, br. 1, Zagreb, 6-21.
- Kraus, K. (2005.): *Fotogrametrija*, knj. 1, prijevod na hrvatski jezik, Zagreb – Sarajevo
- Lapaine, M., Fr an č ul a, N. (1998.): *Kartografija u fotogrametriji*, u: Kušan, V., ur.: 100 godina fotogrametrije u Hrvatskoj, Zbornik radova, Znanstveno vijeće za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju HAZU, Zagreb, 229-234.
- Pet ro vi č, D., Ma š e ra, P. (2007.): *Analysis of User's Respones on 3D Cartographic Presentations*, u: Petrovič, D., ur.: Proceedings of 5th Mountain Cartograpy Workshop, Bohinj, Slovenia, 29 March - 1 April 2006, Zürich, 171-179.

URL 1: Supresoft VirtuozO,
<http://www.supresoft.com.cn/english/index.htm>, 01. 03. 2008

URL 2: Open-Source Visualization and the Virtual Terrain Project, http://www.vterrain.org/Media/geocon_may_2005.html, 01.03.2008