

# ZNAČAJKE DIGITALNIH MODELA RELJEFA U VOJNOGEOGRAFSKIM ANALIZAMA NA PRIMJERU VOJNO-REDARSTVENE OPERACIJE MASLENICA

Marin Sabolović, Ante Šiljeg, Slaven Zdilar \*

UDK: 355.48(495.5)“1993”  
528.932:004.92(495.5)“1993”  
551.4(495.5)“1993”  
912.43:528(495.5)“1993”

Prethodno priopćenje

Primljeno: 10. XII. 2015.

Prihvaćeno: 8. II. 2016.

## SAŽETAK

Primjena modela u vojnogeografskim analizama temelji se na vojnogeografskim analizama ključnima za planiranje i provedbu borbenih djelovanja na području istraživanja i kartografskoj vizualizaciji operativnog područja. Suvremene metode vojnih analiza zemljišta bazirane su prvenstveno na prostornim bazama podataka i analizama koje uključuju čitav niz algoritama automatizirane analize terena. Cilj rada je izraditi primjenjiv digitalni model i na temelju modela provesti morfometrijske i specijalizirane analize čija je svrha obrada operativnog područja za bojnu pripremu. Digitalni model izrađen i korišten u ovome radu nastao je procesom vektorizacije – prikupljanjem primarnih i sekundarnih podataka s hrvatske osnovne karte u mjerilu 1 : 5000 i digitalne ortofoto karte te metodom interpolacije koja je generirala najtočniju površinu. Istraživano područje dio je bojišta u vojno-redarstvenoj operaciji Maslenica, koja je započela 22. siječnja 1993., odnosno zona odgovornosti 4. gardijske brigade na širem području Novigrada.

Ključne riječi: operacija Maslenica, digitalni model reljefa, vojnogeografske analize.

## UVOD

Jedna od osnovnih metoda percipiranja operativnog područja temelji se na pojednostavljenom prikazu – modelu. Digitalni model reljefa (DMR), najjednostavnije rečeno, statistički je prikaz kontinuiranih površina reljefa (u vektorskom ili rasterskom obliku)

---

\* Marin Sabolović (marinsabolovic@net.hr) magistar je geografije i doktorand na poslijediplomskom doktorskom studiju povijesti i interdisciplinarnih znanosti geografije na Sveučilištu u Zadru. Ante Šiljeg (asiljeg@unizd.hr) docent je na Sveučilištu u Zadru. Slaven Zdilar (slaven.zdilar@morh.hr) doktor je prirodnih znanosti i brigadni general uposlen u Ministarstvu obrane Republike Hrvatske. Stavovi izneseni u radu osobni su stavovi autora i nemaju veze s institucijom u kojoj je uposlen.

s nizom poznatih  $x$ ,  $y$  i  $z$  koordinata unutar proizvoljno odabranog koordinatnog sustava (Šiljeg 2013). Digitalni model prikazuje reljef u rasterskom obliku specifične rezolucije te je izrađen obradom prikupljenih podataka i naknadno odabranom i znanstveno utemeljenom metodom interpolacije (Šiljeg 2013). Na temelju izrađenog modela ostvaruje se i vizualizacija operativnog područja koja je ključna za stvaranje precizne slike o kompleksnosti reljefa prilagođene strateškim i taktičkim zahtjevima (Grogan 2009). S druge strane, DMR je temelj za provedbu vojnogeografskih analiza pomoću kojih se dolazi do konkretnih i preciznih podataka potrebnih za provedbu operacije, npr. informacija o tenkoprohodnosti nastalih analizom nagiba padina i namjene površina, potencijalu zaštite reljefa nastalih analizom ekspozicije i sl.

Model korišten u ovom radu izrađen je metodama vektorizacije kartografskih izvora – hrvatske osnovne karte (HOK) i digitalne ortofoto karte (DOF). Na temelju izrađenog modela provedene su osnovne geomorfometrijske i vojnogeografske analize te specifične analize nastale na temelju rezultata prethodnih. Odabrano operativno područje na temelju kojeg je izrađen digitalni model odgovara jednoj od operativnih zona vojno-redarstvene operacije Maslenica. Operativno je područje odabrano zbog izrazito dinamičnih borbenih aktivnosti kopnenih snaga, koje su vođene na gotovo cijelom području istraživanja. Ciljevi operacije bili su oslobađanje šireg područja oko Masleničkog ždrila i povezivanje mostom presječene cestovne komunikacije, ovladavanje područjem od Masleničkog ždrila na sjeveru te stvaranja taktičke dubine koja bi se ostvarila odbacivanjem neprijatelja prema Benkovcu i Obrovcu (Bobetko 1996), odnosno stvoriti uvjete za stavljanje u promet ključne prometnice čija je blokada onemogućila cestovno povezivanje Hrvatske. Jednako tako planirano je odbacivanje neprijateljske snage iz Rovanjske, Maslenice, Novigrada i Škabrnje te ovladavanje zračnom lukom u Zemunik Donjem (Dubravica i Rakić 2009). Vojno-redarstvena operacija započela je 22., a završena je 26. siječnja 1993. (Dubravica i Rakić 2009).

### Objekt, ciljevi i metodologija

Objekt istraživanja je izrada digitalnog modela reljefa na temelju kojega će biti provedene analize za potrebe pripreme, planiranja i provedbe operativnih djelovanja. Prostorni obuhvat istraživanog područja odabran je zbog dostupnosti relevantnih podataka potrebnih za provedbu vojnogeografskih analiza. Područje istraživanja odgovara zoni odgovornosti 4. gardijske brigade Hrvatske kopnene vojske u vojno-redarstvenoj operaciji Maslenica.

Ciljevi istraživanja su na temelju provedenih analiza ukazali na značaj digitalnih analiza reljefa i digitalnih modela reljefa u pripremi, planiranju, provedbi i analizi vojnih operacija.

Metodologija istraživanja temelji se na metodama i tehnikama izrade digitalnog modela: metodama prikupljanja visinskih podataka, metodama interpolacije i odabira prostorne rezolucije. Na temelju izrađenog DMR-a primjenom osnovnog programa ESRI ArcMapa 10.1. i ekstenzija Military Analyst, 3D Analyst i Spatial Analyst izvedene

su osnovne geomorfometrijske i specijalizirane analize. Osim spomenutih, korištene su i statističke metode, metode usporedbe i metode kartografske vizualizacije za prikaz izlaznog rezultata istraživanja.

## DIGITALNI MODEL RELJEFA

Izradom i primjenom kartografskih prikaza omogućena je operativna priprema, planiranje i osposobljavanje vlastitih snaga za što preciznija vojna djelovanja (Swann 2005). Izradom modela stvara se jasna slika o operativnom području, a njegova je ključna uloga upravljanje digitalnim geoprostornim informacijama (Ucuzal i Kopar 2004). Uloga DMR-a i njegova vojna primjena prvenstveno se ističe u okviru vojnih analiza. Korištenjem geografskog informacijskog sustava i primjenjivih ekstenzija na izrađenim modelima izvode se precizne i kompleksne analize poput geomorfometrijskih analiza, analiza vidljivosti s određenih točaka, analize udaljenosti između objekata ili analiza prometnica te njihov nagib u korelaciji utjecaja reljefa na prometne pravce. Digitalni model ima ključnu ulogu i u tzv. logističkom informacijskom sustavu (*Logistic Information System*) (Ucuzal i Kopar 2004). Izradom DMR-a šireg područja, neovisno o operativnom području, stvara se uvid u reljef i prostorni raspored geobjekata taktičke dubine, odnosno mogućnosti smještaja logistike, npr. zapovjednih mjesta, tehničkih sredstava veza, topničke potpore, protuzračne obrane i sl. Primjena digitalnog modela u vojne svrhe značajna je prvenstveno zbog potrebe za pravovremenim informacijama o geografskim pojavama i njihovim utjecajima čime je potisnut statični i konvencionalni način prikupljanja podataka s topografskih karata. Razvojem računalne tehnologije podignuti su i tehnološki zahtjevi u svrhu planiranja i provedbe vojnih operacija. Primjena digitalnog modela reljefa nije vezana isključivo uz vojnogeografske analize koje se na njemu provode, odnosno za koje je namijenjen. Modelu se mogu pridružiti i ostali georeferencirani geografski elementi (točke, linije i poligoni) koji tvore „multimediju“, sustav koji će biti primjenjiv u svakom trenutku, neovisno o analizama.

### Značenje digitalnih modela reljefa u vojnoj geografiji

Za provedbu obrambenih zadaća, funkcioniranje nacionalne sigurnosti, javne uprave i društva u cjelini potrebno je pravodobno posjedovanje geografskih informacija koje se prvenstveno odnose na površinu i objekte na površini (Nagy 2004). Bez obzira na dostignuća u oružanoj borbi, posebno materijalnih i informacijskih, prostor je i dalje jedan od osnovnih čimbenika. Spoznaje o vojnogeografskim aspektima operativnog područja spadaju u obavještajne informacije o bojnom polju (Ucuzal i Kopar 2004). Te informacije uključuju znanje o položaju neprijatelja, njihovom broju i operativnoj tehnici kojom raspolažu. Jednako tako, ključnu ulogu imaju sustav zapovijedanja, nadzor, komunikacija, količina obavještajnih podataka i sl. Međutim, ključne informacije odnose se i na reljef operativnog područja, mogućnosti korištenja vlastite operative tehnike, odnosno na sve prepreke koje mogu otežavati djelovanje vlastitih

snaga. Također, pravodobne analize vidljivosti s određenih točaka, pozicioniranje ključnih elemenata te opće poimanje područja istraživanja ključni su za provedbu operativnih aktivnosti. Potreba za informacijama neograničena je i beskonačno rastuća, a GIS je sustav koji omogućuje prikupljanje i obradu potrebnih informacija. Upravo zbog toga, GIS postaje jedan od najvećih izazova 21. stoljeća, a njegova primjena ulazi u sve sfere vojnih znanosti (Nagy 2004). Ono što je posebno značajno u polju vojnih znanosti je brzina izvođenja analiza i njihova preciznost. One pridonose zaštiti vlastitih snaga i dovođenju protivnika u nepovoljan položaj (Pahernik i Kereša 2007). Jednako tako na takvom je modelu moguće u relativno kratkom roku izvršiti analize nagiba padina i prometnica, zakrivljenost, ekspoziciju, vidljivost s određenih točaka, mogućnost zaklona itd. Suvremene metode vojnih analiza zemljišta bazirane su prvenstveno na prostornim bazama podataka i analizama koje uključuju čitav niz algoritama automatizirane analize terena. One su u prvom redu vezane za procedure obavještajne pripreme bojnog polja (Grindle i dr. 2004; Pahernik i Kereša 2007). GIS ima ključnu ulogu pri upravljanju operacijom zbog toga što suvremena tehnologija omogućuje provedbu brzih analiza neovisnih o vremenskom odstupanju. Tako se u vrlo kratkom roku mogu odrediti strateške pozicije u odnosu na dostignutu liniju, idealne pozicije izviđačkih i diverzantskih grupa u odnosu na linije neprijatelja te općenito najpovoljniji vidokrug, povoljna područja za skrivanje neprijatelja i opreme i sl. (Satyanarayana i Yogendran 2013).

Kvaliteta DMR-a ovisi o metodama, tehnikama i procesima prikupljanja, obrade i analize podataka, vertikalnoj raščlanjenosti reljefa određenog područja, prostornoj (horizontalnoj) rezoluciji i korištenim metodama interpolacije (Šiljeg 2013). Glavni izvor informacija za analize koje uključuju reljef kao jedan od temeljnih elemenata vojne analize zemljišta upravo je digitalni model (Pahernik i Kereša 2007). Primjena parametara reljefa izračunatih na temelju DMR-a ovisit će o njegovoj rezoluciji, pri čemu se naglasak stavlja na analizu modela visoke rezolucije (Pahernik i Kereša 2007). Kombinacijom prethodno navedenih parametara, odnosno njihovom kvalitetom (prostorna rezolucija) i kvantitetom (gustoća prikupljenih visinskih podataka), dobiva se DMR određene rezolucije. Potreba za kvalitetom modela prvenstveno ovisi o njegovoj primjeni. Ako je potrebno tek vizualizirati operativno područje, model ne mora nužno biti najviše kvalitete, pogotovo ako je vrijeme utrošeno na izradu modela ključni faktor. S druge strane, digitalni model primjenjiv s taktičkog aspekta, s obzirom na potrebnu točnost i detaljnost podataka, zahtijeva visoku kvalitetu (Gigović 2010). Izradi DMR-a prethodi niz metoda prikupljanja podataka, od onih najpreciznijih i automatiziranih, koje iziskuju znatna financijska sredstva, do onih dugotrajnih, manje preciznih, ali relativno dostupnih sa širokom primjenom i prostornim obuhvatom. U svezi s tim, u većini hrvatskih znanstvenih radova DMR se odnosi na onaj model koji je nastao interpolacijom izohipsi s osnovnih karata 1 : 5000 i topografskih karata 1 : 25.000 (Šiljeg 2013) dugotrajnom metodom koja podrazumijeva korištenje lako dostupnih kartografskih podloga.

## Standardizacija terenskih istraživanja – O.C.K.A.

GIS ima ključnu ulogu u planiranju i provedbi vojnih operacija defanzivne i ofanzivne prirode. Samo planiranje i provedbe operacije temelje se, uz sustav zapovijedanja, komunikacije i koordinacije, na dostupnosti točnih informacija o bojnom polju, što je u konačnici i ključan faktor za uspješnu realizaciju operacije (Satyanarayana i Yogendran 2013). Da bi se što brže i učinkovitije provela operativna priprema, potrebna je standardizacija postupaka analiza, kao i ključnih elemenata na kojima se analize provode. O.C.K.A (*Observation and Fields of Fire, Cover and Concealment, Obstacles, Key Terrain, Avenues of Approach*) je akronim za standardizaciju terenskih istraživanja primjenjivih u pripremi vojnih operacija (Uczal i Kopar 2004). Njom je preciziran fokus vojnogeografskih analiza, odnosno prikazani su ključni elementi na temelju kojih se provode morfometrijske analize primjenjive za provedbu bojne pripreme operativnog područja. Upotrebom standardizacije analiza i elemenata na kojima se one provode omogućeno je brže i preciznije istraživanje ključnih sastavnica koje utječu na planiranje operativnih aktivnosti. Standardizacija se odnosi na istraživanja vidljivosti na operativnom području, potencijalu prikrivnosti te na lociranje reljefnih i izgrađenih prepreka, odnosno pravaca na kojima je udio prepreka manji, što omogućuje intenzivnije kretanje snaga.

Prva sastavnica standardizacije je „promatranje polja vatre“ (*Observation and Fields of Fire*), a uključuje analize djelovanja neprijateljske vatre, analize motrenja te radarskog dometa i sl. Sljedeću skupinu čine analize mogućnosti prikrivanja snaga, odnosno potencijal prikrivnosti (*Cover and Concealment*) s ciljem zaklona od osmatranja neprijatelja i što manje mogućnosti za izravnu neprijateljsku vatru. Prikrivnost se može očitovati u reljefu, mogućnostima zaklona, na što izravno utječe ekspozicija i vertikalna raščlanjenost te analiza vegetacije. Analiza prepreka (*Obstacles*) uključuje učinak reljefa na prohodnost operativne tehnike i ljudstva te analize učinka i na vlastite, i na neprijateljske snage. „Ključ reljefa“ (*Key Terrain*) uključuje analize reljefa odnosno vertikalnu raščlanjenost, nagibe padina, vizualizaciju reljefa, odnosno sve spoznaje koje stavljaju u korelaciju utjecaj reljefa s pripremom, planiranjem i provedbom operacije. Analiza pristupa (*Avenues of Approach*) odnosi se na analizu pristupnih putova i projekciju kretanja te na pretpostavke o kretanju neprijateljskih snaga s ciljem postavljanja povoljnih obrambenih položaja ili ključnih točaka napada na neprijateljske snage (Uczal i Kopar 2004; Wocester Polytechnic Institute; Army Study Guide).

Tablica 1. Standardizacija analiza operativnog područja (preuzeto iz: Ucužal i Kopar 2004)

Značajke terena ( <i>Aspect of Terrain</i> )	Elementi informacija o terenu	Primjeri izlaznih rezultata analiza terena
„Promatranje polja vatre“ ( <i>Observation and Field of Fire</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetacija</li> <li>• Konfiguracija reljefa</li> <li>• Uloga reljefa u borbenim aktivnostima</li> <li>• Urbana područja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horizontalna vidljivost za izravnu vatru i radarsko djelovanje</li> <li>• Analize i ocjene tla i reljefa</li> </ul>
Potencijal prikrivnosti reljefa ( <i>Cover and Concealment</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetacija</li> <li>• Konfiguracija reljefa</li> <li>• Uloga reljefa u borbenim aktivnostima</li> <li>• Urbana područja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencijal zaštite reljefa od direktne i indirektno vatre</li> <li>• Prikrivnost horizontalnih i vertikalnih osmatranja</li> </ul>
Analiza prepreka ( <i>Obstacles</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetacija</li> <li>• Konfiguracija reljefa</li> <li>• Značajke drenažnih sustava</li> <li>• Prirodne i izrađene prepreke</li> <li>• Mikroreljef</li> <li>• Površinski materijal</li> <li>• Urbana područja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lociranje prirodnih i izrađenih prepreka</li> <li>• Prohodnost tehnike i ljudstva</li> </ul>
„Ključ reljefa“ ( <i>Key Terrain</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urbana područja</li> <li>• Komunikacijski pravci</li> <li>• Značajke drenažnih sustava</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lociranje ključnih čimbenika (prirodni i izrađeni), primjer: položaji klizišta, izrazitih nagiba, mostova, vojnih instalacija i sl.</li> </ul>
Analiza pristupa ( <i>Avenue of Approach</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetacija</li> <li>• Urbana područja</li> <li>• Konfiguracija reljefa</li> <li>• Površinski materijal</li> <li>• Značajke drenažnih sustava</li> <li>• Komunikacijski pravci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lociranje ključnih pravaca kretanja neprijateljskih i vlastitih snaga</li> <li>• Predviđanje brzine kretanja</li> <li>• Zone slijetanja</li> <li>• Zone mjesta za desant</li> </ul>

### **Obrađeni elementi istraživanog područja standardizacijom O.C.K.A.**

Kako bi se uspješno provele analize potrebne za bojnu pripremu operativnog područja, provedena su prethodna istraživanja i analize koje su temelj za izlazni rezultat dobiven vojnogeografskim i specijaliziranim analizama. Tako je prema standardizaciji O.C.K.A. obrađeno operativno područje, i to sljedeće sastavnice:

- konfiguracija reljefa
  - prikaz stijenskog sastava
  - vektorizacija i izrada DMR-a
  - provedba analiza nagiba padina i ekspozicije
- namjena zemljišta
  - analiza vegetacije (šume, obrađene i neobrađene površine)
  - kartiranje urbanih područja
- analiza pristupa
  - kartiranje svih prometnica (komunikacijskih pravaca i mostova)
  - analiza tenkoprohodnosti
- obrada vodenih površina
  - kartiranje voda (drenažni sustavi – potoci, jezero Vlačine i sustavi za navodnjavanje)
  - kartiranje bunara i lokvi.

## **METODE ISTRAŽIVANJA**

Izrada digitaliziranog modela započinje metodologijom odabira vektorskih elemenata, slijedi vektorizacija i nakon nje završni dio, interpolacija. Metode odabira vektorskih elemenata odnose se na točke, linije i pologone, odnosno podjela na specifične elemente unutar njih, npr. prometnice, pravce djelovanja i sl. Nakon odabira vektorskih elemenata slijedi proces vektorizacije na temelju kartografskih podloga.

Vektorizacija je dugotrajan proces koji zahtijeva skeniranje analognih karata, georeferenciranje, vektorizaciju izohipsi i pridruživanje atributa. Za izradu digitalnog modela područja istraživanja primijenit će se metoda vektorizacije na HOK-u i DOF-u. Proces vektorizacije olakšan je primjenom poluautomatske i automatske vektorizacije, ali njihova primjena ovisi o kvaliteti rasterskog podatka, izvora informacija za proces vektorizacije. Budući da HOK sadrži niz geografskih podataka koji onemogućuju automatsku vektorizaciju, u procesu vektorizacije područja istraživanja korištene su poluautomatske i ručne metode. Poluautomatsku vektorizaciju čine automatski vektorizirani elementi koji nisu u kontinuitetu pa ih je potrebno ručno nadopuniti, premostiti geoobjekt ili ručno vektorizirati elemente koji nisu prepoznati u procesu automatske vektorizacije. Objekt u procesu vektorizacije prvenstveno se obrađuje automatski do prve zapreke, npr. križanja s drugom linijom (Frančula 2004). Pro-

ces poluautomatske vektorizacije započinje obradom HOK-a u programu *WinTopo*. Specifičnost HOK-a je podjela geografskih elemenata prema bojama, odnosno označavanje visinskih podataka, kota i izohipsi spektrom oker boje, vode plavom bojom te ostalih geografskih elemenata, npr. prometnica, građevina i sl. crnom bojom. Program *WinTopo* omogućuje isključivanje zadanih boja odabirom dviju nijansi te boje, najčešće najtamnije i najsvjetlije. Postupak ručne vektorizacije zahtjevniji je i dugotrajniji od procesa poluautomatske vektorizacije. Proces ručne vektorizacije svodi se na ručno unošenje lomnih točaka (engl. *wertex*) čiji su sastavni elementi linije. Ako se uspoređuju dvije korištene metode, poluautomatska vektorizacija otklanja mogućnost pogreške (svodi je na minimum) pri lociranju i vektoriziranju geoobjekata. Prilikom ručne vektorizacije postoji mogućnost otklona od izvornog rasterskog podatka izvedbom linija koje zbog malog broja lomnih točaka ne prate njegovu konfiguraciju (izvedba ovisi o autorovoj subjektivnoj procjeni). Međutim, ručna vektorizacija primjenjiva je i prilikom nedostatka listova HOK-a, odnosno ona se može izvršiti na podlozi DGU-a spajanjem na elektronski server.

Nakon vektorizacije primjenjuje se jedna od metoda interpolacije. Interpolacija je postupak računanja nove vrijednosti, odnosno procjena vrijednosti neuzorkovanih područja nastala na temelju izmjerenih vrijednosti s poznatim koordinatama (Šiljeg 2013). Interpolacija se temelji na specifičnoj korelaciji i međuovisnosti prikupljenih i predviđenih točaka (Childs 2004). Stupanj međuovisnosti povezan je s prvim zakonom geografije, Toblerovim pravilom: *sve je povezano sa svime, međutim točke koje su bliže jedna drugoj su povezane* (Šiljeg 2013). U ovom je slučaju korištena metoda ANUDEM (*Australian National University Digital Evaluation Model*). Metoda ANUDEM, odnosno modificirani tankoslojni „splajn“, posebno je dizajnirana za stvaranje hidrološki točnog digitalnog modela reljefa, a specifična je i po generiranju naglih površina u modelu, bez gubljenja površinskog kontinuiteta (Šiljeg 2013). Prilikom istraživanja specifičnih cjelina prostora, poput hidrologije, geomorfologije i općenito istraživanja reljefa, hidrološka ispravnost modela ima ključnu ulogu. Metodu je 1989. razvio Michael Hutchinson, profesor na Australskom nacionalnom sveučilištu (Šiljeg 2013).

Na odabir prostorne rezolucije DMR-a utječe više čimbenika. Neki od ključnih su gustoća prikupljenih podataka, vertikalna raščlanjenost područja istraživanja i primjena samoga modela (Li i dr. 2004). Gustoća prikupljenih podataka u konkretnom slučaju vektorizacije ovisi o kartografskoj podlozi. HOK u mjerilu 1 : 5000 i s 5-metarskom ekvidistancom odgovara za izradu DMR-a veoma visoke kvalitete s rezolucijom do 10 metara. Međutim, vertikalna raščlanjenost područja, bez obzira na gustoću prikupljenih podataka, izrazito utječe na odabir prostorne rezolucije (Li i dr. 2004). Zaravnjeni tereni, bez obzira na veliku gustoću prikupljenih podataka, zahtijevaju veću prostornu rezoluciju zbog pogrešaka, tzv. „pruskih šljemova“. Površina operativnog područja također ima ključnu ulogu pri odabiru prostorne rezolucije, a u korelaciji s razdobljem koje je potrebno za izradu modela može imati i isključivo značenje. U vojnoj analizi operativnog područja na temelju DMR-a na morfometrijske i vojne analize utječe odabir prostorne rezolucije, površina operativnog područja i



primjena modela (Gigović 2010). Vojna analiza operativnog područja s taktičkog aspekta zahtijeva modele visoke rezolucije, a sa strategijskog ili operativnog aspekta srednje ili, u krajnjoj mjeri, modele niske rezolucije (Gigović 2010).

Tablica 2. Odnos rezolucije i horizontalne udaljenosti visinskih točaka DMR-a (preuzeto iz: Gigović 2010)

Rezolucija	Horizontalna udaljenost visinskih točaka (u metrima)
niska	900–90
srednja	90–30
visoka	30–10
vrlo visoka	10–1

## VOJNOGEOGRAFSKE ANALIZE

Vojnogeografske analize modela operativnog područja na zapovjednoj razini pridonose kvalitetnijim informacijama o korištenju zemljišta, što je preduvjet za provedbu operacije (Satyanarayana i Yodgendran 2013). Vojnogeografske analize imaju za cilj informiranje o kompleksnosti operativnog područja, mogućnostima za manevriranje ljudi i tehnike, pokretljivosti oklopnih vozila itd. Ključna prednost digitalnih analiza je mogućnost njihove pohrane, manipuliranja podacima, ažuriranja ili pak ponovne provedbe u slučaju ratnih djelovanja na operativnom području. Vojnogeografske analize dijele se na primarne i sekundarne (Borisov, Banković i Drobnjak 2011). Primarne analize su automatizirane analize ekspozicije ili nagiba, a sekundarne su nastale kao proizvod primarnih analiza, poput analize tenkoprohodnosti o čijim rezultatima ovisi izlazni rezultat ekspozicije i nagiba padina. Vojnogeografske morfometrijske analize uključuju analizu vidljivosti, nagiba reljefa, ekspoziciju padina i vizualizaciju kao krajnji proizvod te analize vertikalne raščlanjenosti i zakrivljenosti padina. Te analize spadaju u osnovne vojne analize prostora istraživanja kao primarni čimbenici (Gigović 2010). Međutim, njihova je primjena šira od vojne, odnosno one ulaze u kategoriju morfometrijskih. Sekundarne analize ovise o zahtjevima operacije, o operativnoj tehnici i njenom djelovanju. Neke od sekundarnih analiza su analiza tenkoprohodnosti, potencijal zaštite reljefa, ekspozicije u odnosu na položaj snaga i sl.

### Geomorfometrijske (primarne) analize

Vojnogeografske analize zbog isključive uloge reljefa prilikom provedbe vojnih operacija svrstavaju se u okvire kvantitativnih (geomorfoloških) analiza reljefa. Geomorfologija je logička disciplina koja u vojnom smislu istražuje utjecaj reljefa na provedbu vojnih operacija (Gilewitch 2003), a geomorfometrijska istraživanja

u vojnogeografskoj analizi temelje se na prostornim analizama DMR-a (Borisov, Banković i Drobnjak 2011).

Geomorfološki aspekti područja istraživanja imaju ključnu ulogu pri pretpostavci vlastite pokretljivosti i pokretljivost protivnika, njegovo korištenje za promatranje i učinke izravne paljbe (Pahernik i Kereša 2007). Rezultati geomorfometrijskih analiza imaju ključnu ulogu u općoj analizi operativne pripreme ratišta – indeks vertikalne raščlanjenosti, kao i u konkretnim analizama poput nagiba padina, ekspozicije i sl.

### ***Nagib padina***

Nagib se često smatra najvažnijim morfometrijskim parametrom. Koristi se za učinkovitije analiziranje i opisivanje reljefa (Šiljeg 2013). Analizom nagiba ostvaruju se ključni rezultati prilikom operativne pripreme za provedbu vojnih operacija jer je analiza nagiba ključna za pokretljivost operativne tehnike i ljudstva. Iako je nagib od iznimne važnosti, na pokretljivost utječu i mnogi drugi čimbenici, npr. hidrografska mreža, korištenje zemljišta, prirodne prepreke, građevine i sl.

Analiza nagiba padina ukazuje na izrazito zaravnjen prostor s nagibom do 15° na gotovo cijelom području istraživanja. Srednje vrijednosti od 15° do 25° izražene su na jugozapadu, pružajući se u pravcu sjeverozapad – jugoistok paralelno s prometnicom Poličnik – Suhovare – Donje Biljane. Vrijednosti iznad 15° istaknute su na južnom dijelu područja istraživanja kod lokaliteta Polje Stošija, paralelno s naseljima Islam Grčki i Islam Latinski te u širem području lokaliteta Brižine na središnjem, odnosno sjevernom dijelu. Izraženi nagibi iznad 15°, odnosno iznad 25° pojavljuju se paralelno s tokovima tekućica, nastali su upravo njihovim djelovanjem, a najčešći su u priobalnoj zoni okomito na pravac pružanja obale. Nagibi iznad 30° nalaze se paralelno s pružanjem Novigradskog mora, sjeverozapadno od naselja Rupalj, na desnoj obali potoka, te jugozapadno od naselja Paljuv, također uz tekućicu.

Tablica 3. Opća klasifikacija reljefa u odnosu na nagib (preuzeto iz: Borisov, Banković i Drobnjak 2011)

<b>Nagib</b>	<b>Reljef u odnosu na nagib</b>
< 1°	Ravan reljef
1°–3°	Vrlo blago nagnut reljef
3°–5°	Blago nagnut teren
5°–8°	Prilično nagnut teren
8°–12°	Iskošen reljef
12°–16°	Vrlo iskošen reljef
16°–20°	Umjereno strm reljef
20°–30°	Srednje strm reljef
30° >	Jako strm reljef

### ***Ekspozicija padina***

Ekspozicija je, uz nagib, najčešće korištena varijabla u morfometrijskim analizama (Šiljeg 2013). Izračun ekspozicija dobiva se na temelju izrađenog DMR-a prema rasponu azimuta glavnih i pomoćnih strana svijeta (Pahernik i Kereša 2007) od smjera sjevera u smjeru kazaljke na satu. Kao analiza, ekspozicija padina primjenjiva je u vojnogeografskom aspektu, koristi se za taktičku orijentaciju (Gigović 2010). Prilikom taktičke orijentacije ključno je prepoznavanje položaja u odnosu na specifičnu ekspoziciju te položaj protivnika u odnosu na otvorene, zaklonjene ili bočno orijentirane padine (Pahernik i Kereša 2007).

Ekspozicija padina, kao što je spomenuto, uključuje glavne i pomoćne strane svijeta, odnosno sjever, sjeveroistok, istok, jugoistok, jug, jugozapad, zapad i sjeverozapad. Prilikom analize ekspozicije padina na području istraživanja zamjetna je specifična podjela u odnosu na orijentiranost. Granice u najvećem dijelu odgovaraju smjeru pružanja obale. Duž obale, u tampon zoni od oko 3 kilometra prevladava orijentiranost prema sjeveru, sjeveroistoku i sjeverozapadu sa značajnijim odstupanjem u blizini naselja Paljuv s orijentiranosti prema jugu, jugoistoku i jugozapadu. Na središnjem dijelu dominira ekspozicija prema sjeverozapadu i zapadu te u manjoj mjeri prema sjeveru i sjeveroistoku. Prijelaznim dijelom koji se proteže od naselja Poličnik na sjeverozapadu do jugozapada prevladava orijentiranost prema istoku i jugoistoku, djelomično isprekidan ekspozicijom prema sjeveru i sjeverozapadu. Krajnjim zapadnim dijelom dominira zapadna i jugozapadna orijentiranost padina s djelomično isprekidanom orijentiranosti prema jugozapadu. Orijetiranost dijelom odgovara i rasjednim zonama. Na jugoistoku rasjed odvaja jugozapadnoj, zapadnoj i sjeverozapadnoj ekspoziciji s plohom na kojoj prevladavaju istočna, sjeveroistočna i sjeverna ekspozicija.

### **Sekundarne (kombinirane) analize**

Sekundarne analize nastaju primjenom rezultata primarnih, odnosno daljnjom analizom u korelaciji s drugim ključnim elementima. Primarne analize rezultiraju konkretnim izlaznim rezultatima, ali rezultat nije primjenjiv ako ne prođe proces daljnje obrade. Tako se ekspozicija padina analizira na temelju položaja neprijatelja u svrhu analize potencijala zaštite reljefa ili analiza nagiba s kombinacijom tablica kretanja vozila pri određenom nagibu za izlazni rezultat prohodnosti vozila. Stoga je izlazni rezultat sekundarnih analiza konkretan i namijenjen i primjenjiv isključivo u vojne svrhe.

### ***Analiza tenkoprohodnosti***

Analiza tenkoprohodnosti operativnog područja ima ključnu ulogu za uspješno izvođenje borbenih aktivnosti. Ona se ne odnosi isključivo na kretanje tenkova i samohodnog oruđa, analizom se utvrđuje bilo koji oblik prohodnosti, od operativne tehnike do ljudstva. Kod izrazito zaravnjenih prostora, poput područja istraživanja ovoga rada, pretpostavlja se prohodnost pješništva na cjelokupnom području, dok

prohodnost operativne tehnike ovisi o mogućnostima savladavanja nagiba i prepreka. Prohodnost vozila prvenstveno ovisi o gustoći prometnih pravaca – cesta i putova (Borisov, Banković i Drobnjak 2011). Izrazita gustoća prometnica na operativnom području od oko 360 kilometara povoljno utječe na kretanje vozila. Međutim, kompleksna analiza prohodnosti odnosi se na cjelokupno operativno područje, a temelji se na korelaciji više elemenata. Tako na kretanje vozila, izuzev prometnica, utječu:

- reljef
- vegetacijski pokrov
- vrsta i sastav tla
- površinske vode
- atmosferske prilike
- godišnja doba
- taktičko-tehničke karakteristike vozila. (Borisov, Banković i Drobnjak 2011)

Ako se analiziraju svi navedeni elementi, rezultat analize prohodnog prostora je precizniji. Neke od tih elemenata teško je predvidjeti, npr. vremenske prilike, dok preciznije informacije o biljnom pokrovu, vrsti i sastavu tla ovise o metodama prikupljanja podataka, njihovoj dataciji i sl.

Analiza tenkoprohodnosti operativnog područja vojno-redarstvene operacije Maslenica temelji se na analizi nagiba padina i analizi namjene površina. Nagib padina dobiven je na temelju DMR-a, dok je analiza namjene površina dobivena proizvoljno, istraživanjem nastalim na temelju DOF-a. Posljednji čimbenik izračuna prohodnosti temelji se na zračnoj snimci nastaloj više godina nakon provedbe operacije Maslenica, ali je zbog specifičnog reljefa, koji ograničava obradivo područje, pretpostavljena minimalna promjena. Osnovna prohodnost, koja se ne odnosi isključivo na vozila, nego i na kretanje ljudstva, temelji se na općoj klasifikaciji prohodnosti izvan prometnica. Klase su prikazane prema udjelu u ukupnom operativnom području formulom:

$$\frac{SUM P}{p} * 100 \quad (1)$$

SUM P – ukupna površina

p = površina kategorije

U prvoj kategoriji prohodnosti do 5° nagiba omogućeno je nesmetano kretanje terenskih i teretnih vozila s priključcima na više od 85% operativnog područja, pod pretpostavkom da nema fizičkih prepreka. Za istu je kategoriju vozila ograničeno prohodno 10% operativnog područja s nagibom od 5° do 10°. Jako ograničeno

kretanje podijeljeno je u dvije potkategorije. U prvoj potkategoriji od 10° do 20° mogu se kretati sva vozila, ali bez priključaka i sa smanjenom brzinom, dok druga potkategorija od 20° do 30° ukazuje na mogućnost kretanja samo za tenkove, vozila s pogonom na dvije osovine, gusjeničare i životinje namijenjene za prijevoz tereta. Udio kategorije jako ograničene prohodnosti na operativnom području viši je od 4%. Posljednja kategorija neprohodnog područja ima udio ispod 0,5 %. Na tom je dijelu operativnog područja moguće ograničeno kretanje samohodnog oruđa i tenkova s krajnjim nagibom od 40°. Nagib viši od 40° mogu ovladati samo grupe vojnika do 60°, odnosno posebno obučeno ljudstvo iznad 60°.

Tablica 4. Prohodnost izvan prometnica (preuzeto iz: Borisov, Banković i Drobniak 2011)

Kategorije prohodnosti za ljudstvo, terenska i teretna vozila	Nagib	Kat. prohodnosti
Terenska i teretna vozila s kotačima (s prikolicom)	< 5°	prohodno
Terenska i teretna vozila s kotačima (s prikolicom)	5°–10°	ograničeno prohodno
Tenkovi, teretna i terenska vozila (bez prikolice)	10°–20°	jako ograničeno prohodno
Tenkovi, vozila s kotačima s dva pogonska mosta, gusjeničari, životinje za prijevoz s lakim teretom	20°–30°	
Samohodna oruđa (do 35°) i tenkovi (do 40°)	30°–40°	neprohodno
Grupe vojnika (u nekim slučajevima moraju se pridržavati za raslinje)	40°–60°	
Posebno obučeno ljudstvo s posebnom tehnikom	60° >	

Drugi oblik klasifikacije temelji se na brzini kretanja vozila i ljudstva u odnosu na nagib. Klase su prikazane u udjelu u ukupnoj površini, poput klasa u prethodnoj analizi. Prema toj klasifikaciji, 69% operativnog područja spada u kategoriju nagiba do 3°. U drugu kategoriju od 3° do 6° ulazi 19%, a u treću kategoriju od 6° do 10° 7% operativnog područja. Posljednje dvije kategorije ulaze u 4% operativnog područja, 3% u nagibe od 10° do 15° te 1% u nagibe veće od 15°.

Tablica 5. Brzina kretanja vozila u odnosu na nagib reljefa (preuzeto iz: Borisov, Banković i Drobnjak 2011)

Vrste vozila	Brzina kretanja (km/h) pri nagibu reljefa			
	3°–6°	6°–10°	10°–15°	15°–20°
Kamioni	20–15 km/h	15–12 km/h	12–8 km/h	8–5 km/h
Tenkovi	15–12 km/h	12–10 km/h	10–6 km/h	6–4 km/h
Oklopni transporteri, tegljači i gusjeničari	12–10 km/h	10–7 km/h	7–5 km/h	5–3 km/h
Ljudstvo	5 km/h	4 km/h	3,5 km/h	3 km/h

Prethodni izračuni tenkoprohodnosti spadaju u generaliziranu tenkoprohodnost, u međuodnosu dva parametra, nagiba i kategorije mobilnih elemenata, odnosno nagiba i brzine kretanja. Međutim, detaljnijom analizom tenkoprohodnosti u kojoj je, osim nagiba i brzine kretanja, uzet parametar namjene površina i utjecaj na prohodnost, dobiva se značajno manji udio prohodnog prostora u operativnom području. Izračun tenkoprohodnosti temelji se na težinskim koeficijentima prohodnosti dobivenih u međuodnosu nagiba i brzine kretanja. Srednja vrijednost brzine kretanja kategorije do 5° iznosi 13,5 km/h. Budući da je do 5° područje prohodno, brzina od 13,5 km/h uzima se kao 100%. Formulom se izražava kao:

$$\frac{\frac{\min. v}{\max. v} * 2}{\frac{\min. V}{\max. V} * 2} * 100 \quad (2)$$

v – brzina u kategoriji

V – srednja vrijednost brzine prohodnog područja

Na osnovu izračuna srednje vrijednosti brzine kretanja u sljedećoj kategoriji nagiba od 5° do 10° brzina iznosi 11 km/h, odnosno 81,4% od srednje vrijednosti maksimalne brzine. Srednja vrijednost brzine kretanja u kategoriji od 10° do 20° je 7,5 km/h, odnosno 51,8% ukupne brzine te od 20° do 40° 3 km/h, odnosno 22,2% od ukupne brzine. Koeficijenti su izračunati formulom:

$$\frac{K}{100} \quad (3)$$

K – kategorija brzine (u %)

Sljedeći parametar korišten za izračun ograničenosti kretanja je koeficijent prohodnosti u odnosu na namjenu površina. Zemljišta su klasificirana kao

- naselja (prohodnost = 50%)
- obrađene površine (prohodnost = 100%)
- neobrađene površine (prohodnost = 60%)
- površine pod šumom (prohodnost = 0%).

Koeficijenti za tu klasifikaciju dobiveni su proizvoljno, pretpostavkom ograničenosti kretanja na određenom zemljištu. Međutim, prilikom izrade karte tenkoprohodnosti i izračuna udjela u odnosu na nagib, utjecaj prethodna dva koeficijenta nije jednak, odnosno pretpostavljeno je da nagib utječe 80% na prohodnost, dok je utjecaj zemljišta 20%. Na temelju te pretpostavke izračunat je konačni koeficijent matematičkom formulom:

$$(Kn * 0,80) + (Kz * 0,20) \quad (4)$$

Kn – koeficijent utjecaja nagiba

Kz – koeficijent utjecaja kategorije zemljišta

Tablica 6. Koeficijent prohodnosti u odnosu nagiba i brzine

Nagib	Brzina kretanja	Brzina u %	Koeficijent
< 5	13,5 km/h	100	1
5–10	11 km/h	81,4	0,814
10–20	7,5 km/h	51,8	0,518
20–40	3 km/h	22,2	0,222
> 40	0 km/h	0	0

Tablica 7. Koeficijent prohodnosti zemljišta

Nagib	Koeficijent
Obrađene površine	1
Neobrađene površine	0,6
Naselja	0,5
Površine pod šumom	0

Konačni rezultat izračunat je u površini (u četvornim metrima), odnosno u udjelu u ukupnoj površini (u postotku). Vrijednosti su dobivene formulama, rezultat u četvornim metrima, odnosno za udio u ukupnoj površini:

$$\frac{SUM P}{p} \quad (5)$$

$$\frac{SUM p}{p} * 100 \quad (6)$$

SUM P – ukupna površina (u četvornim metrima)

p – površina koeficijenta

Tablica 8. Površina i udio površine u odnosu na zbroj koeficijenata

Σ koeficijent	Površina u m <sup>2</sup>	Površina u %
1	39.056	52,3
0,92–0,85	22.359	29,94
0,85–0,61	6909	9,25
0,61–0,51	2423	3,25
0,51–0,38	163	0,22
0,38–0,12	417	0,55
0,12–0	3183	4,26



## ZAKLJUČAK

Posjedovanje preciznih i pravovremenih informacija o operativnom području ključno je „oružje“ suvremenog načina ratovanja. Napredovanjem računalne tehnologije omogućeno je brže i efikasnije prikupljanje podataka i njihova obrada za provedbu vojnogeografskih analiza. Provedene analize imaju ključnu ulogu prilikom obrade operativnog područja za bojnu pripremu u svrhu planiranja i provedbe operativnih aktivnosti. O stupnju sofisticiranosti oružanih snaga i količini informacija koje posjeduju ovisi i stupanj pripravnosti za njihovo izvođenje. U konačnici, prednost imaju one snage koje pravovremeno posjeduju precizne informacije. Iako su topografske i specijalizirane vojne karte dugo godina bile osnovni izvor informacija za operativnu pripremu bojnog polja, primjena računalne tehnologije promijenila je dimenziju planiranja operativnih aktivnosti. Kombinacijom prikupljenih podataka, izuzev onih o kojima ovisi izrada modela, i rezultata analiza provode se sekundarne i specijalizirane analize čiji je rezultat u konačnici primjenjiv u bojnoj pripremi operativnog područja. Tako se na temelju prikupljenih podataka, rezultata analiza DMR-a i obradom podataka odnosno pondiranjem, klasificiranjem i sl. dobivaju precizne informacije o prohodnosti tehnike i ljudstva ili podaci o geografskoj širini i dužini točke djelovanja i točaka na koje je usmjereno djelovanje, udaljenosti između točaka prema više parametara (ortodroma, loksodroma, geodetska udaljenost), izračun azimuta te specijalizirane analize vidljivosti iz određene točke, kao i pregled profila reljefa na pravcu djelovanja.

Obrada istraživanog područja, zone odgovornosti 4. gardijske brigade u vojno-redarstvenoj operaciji Maslenica, temeljila se na primarnim morfometrijskim analizama te sekundarnim i specijaliziranim analizama čiji je izlazni rezultat primjenjiv za operativnu pripremu. Morfometrijske analize uključuju obradu nagiba i ekspozicije, a sekundarna analiza – tenkoprohodnost – uključuje korelaciju više istraživanih elemenata, npr. nagiba padina i klasificiranja namjene površina uz pridodavanje težinskih koeficijenata. Provedbom sekundarnih analiza dobiveni su precizni rezultati o prohodnosti tehnike i ljudstva, čiji izračun u vrijeme provedbe same operacije nije bio moguć, barem ne s tolikom preciznošću koju generira tenkoprohodnost obrađena u okviru ovoga rada.

Značaj DMR-a prilikom provedbe vojnogeografskih analiza u suvremenom načinu ratovanja je isključiv. Upravo model omogućava posjedovanje pravodobnih i preciznih informacija o istraživanom području, što zadovoljava bojnu pripremu operativnog područja za provedbu operativnih aktivnosti.

## IZVORI

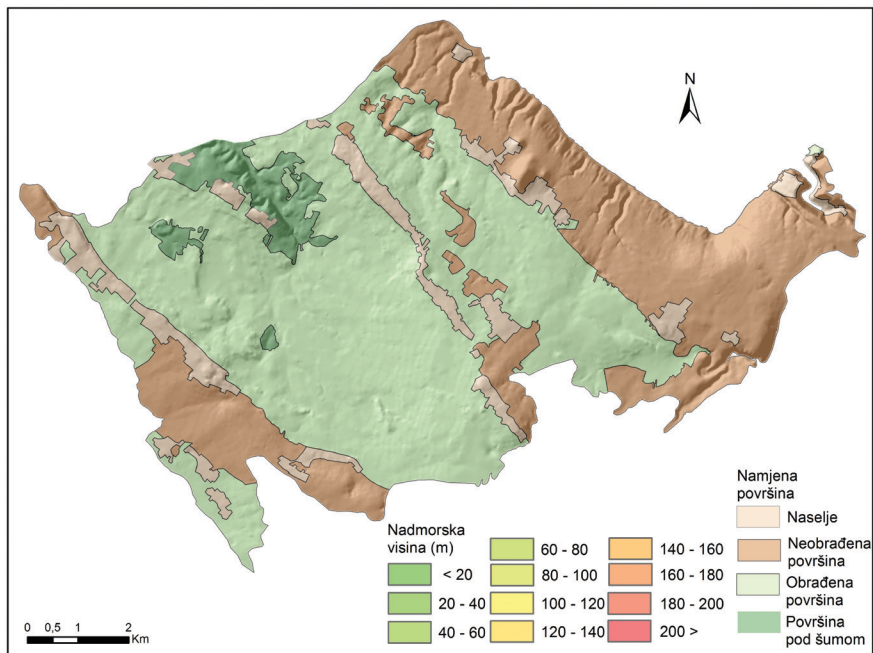
- elacd.carnet.hr (pristupljeno 28. lipnja 2014.)  
geodata.ethz.ch (pristupljeno 14. travnja 2014.)  
rdl.train.army.mil (pristupljeno 22. svibnja 2014.)  
www.dzs.hr (pristupljeno 10. lipnja 2014.)  
www.esri.com (pristupljeno 12. lipnja 2014.)  
www.e-uprava.apis-it.hr (pristupljeno 15. veljače 2014.)  
www.geoportal.dgu.hr (pristupljeno 8. veljače 2014.)  
www.valka.cz (pristupljeno 2. srpnja 2014.)  
www.wikipedia.org/wiki/Operacija\_Maslenica (pristupljeno 1. srpnja 2014.)  
www.zzf.hr/popup.html (pristupljeno 15. veljače 2014.)  
Geološka karta Republike Hrvatske 1 : 300 000. 2009. Zagreb: Hrvatski geološki institut.  
Središnji registar prostornih jedinica. www.geoportal.dgu (pristupljeno 1. travnja 2014.)  
Zakon o područjima županija, gradova i općina u Republici Hrvatskoj. 1992. *Narodne novine*.

## LITERATURA

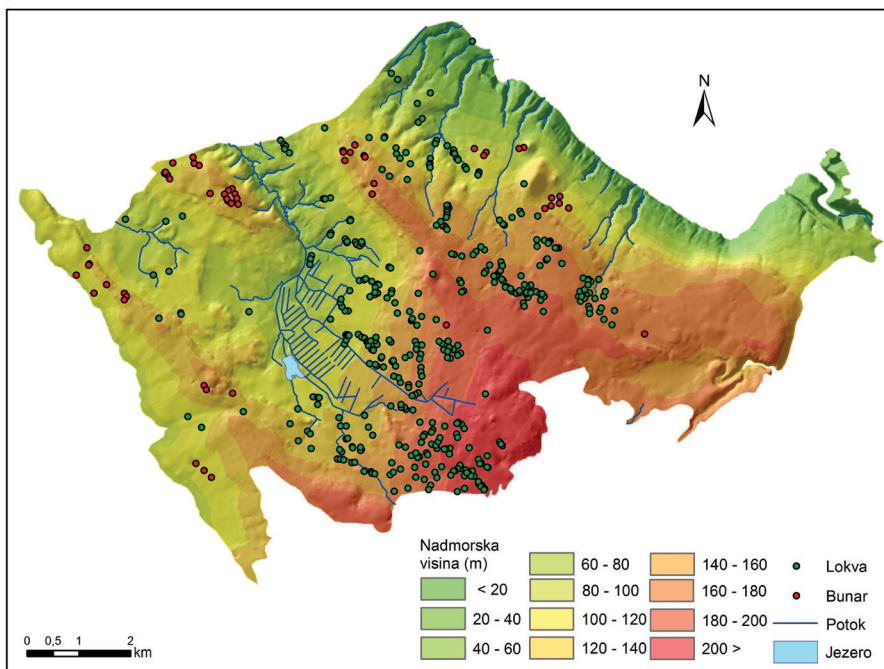
- Army Study Guide*. www.armystudyguide.com (pristupljeno 25. svibnja 2014.).  
Borisov, Mirko; Banković, Radoje; Drobnjak, Siniša. 2012. Zakrivljenost zemljine površine i vidljivost između dva položaja. *Vojnotehnički glasnik* 2: 216–234.  
Borisov, Mirko; Banković, Radoje; Drobnjak, Siniša. 2011. Evaluacija morfometrijskih karakteristika zemljišta pri izradi karte tenkoprohodnosti. *Vojnotehnički glasnik* 1(11): 62–80.  
Bobetko, Janko. 1996. *Sve moje bitke*. Zagreb: samostalna naklada.  
Childs, Colin. 2004. *Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst*. ESRI ArcUser.  
Collins, John M. 1998. *Military Geography for Professionals and the Public*. Washington: Brassey's Edition.  
Dubravica, Branko; Rakić, Rajko. 2009. *Kratak pregled vojnih djelovanja u Domovinskom ratu 1991.–1995*. Zagreb: Ministarstvo obrane RH – Oružane snage RH – Hrvatsko vojno učilište Petar Zrinski.  
Frančula, Nedjeljko. 2004. *Digitalna kartografija*. Zagreb: Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.  
Gigović, Ljubomir. 2010. Digitalni modeli visina i njihova primjena u vojnoj analizi terena. *Vojnotehnički glasnik* 2(10): 165–178.  
Gilewitch, Daniel A. 2003. *Military Geography: Desert Geomorphology and Military Operations*. Arizona State University.

- Grindle, Charles i dr. 2004. Automating Terrain Analysis: Algorithms for Intelligence Preparation of the Battlefield. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 533–537.
- Grogan, Andrew. 2009. Creating Spatial Analysis Model for Generating Composite Cost Surfaces to Depict Cross Country Mobility in Natural Terrain. ASPRS/MAPPS Fall Conference, Texas.
- Li, Zhilin; Zhu, Qing; Gold, Christopher. 2005. *Digital Terrain Modelling: Principles and Methodology*. CRC Press.
- Nagy, Péter. 2004. GIS in the army of the 21st century. AARMS 3(3): 58–600.
- Pahernik, Mladen; Kereša, Darko. 2007. Primjena geomorfoloških istraživanja u vojnoj analizi terena – indeks zaštitnog potencijala reljefa. *Hrvatski geografski glasnik* 69(1): 41–56.
- Sabolović, Marin. 2014. *Značajke digitalnih modela reljefa u vojno-geografskim analizama – primjer vojno-redarstvena operacija Maslenica*. Diplomski rad. Odjel za geografiju Sveučilišta u Zadru.
- Satyanarayana P.; Yogendran S. 2013. *Military applications of GIS*. ENC QC Department, IIC Technologies Private Limited, Hyderabad.
- Swann, David. 2005. Military applications of GIS: Geographical Information System – New Developments in Geographical Information System. *Principles, Techniques, Management and Applications 2*: 889–899.
- Šiljeg, Ante. 2013. *Digitalni model reljefa u analizi geomorfometrijskih parametara – primjer PP Vransko jezero*. Doktorski rad. Geografski odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
- Ucuzal, Levent; Kopar, Atila. 2010. GIS (Geographic information system) in CGIS (Command and Control Systems). Istanbul: ISPRS Congress.
- Wocester Polytechnic Institute. [www.wpi.edu](http://www.wpi.edu) (pristupljeno 23. svibnja 2014.).

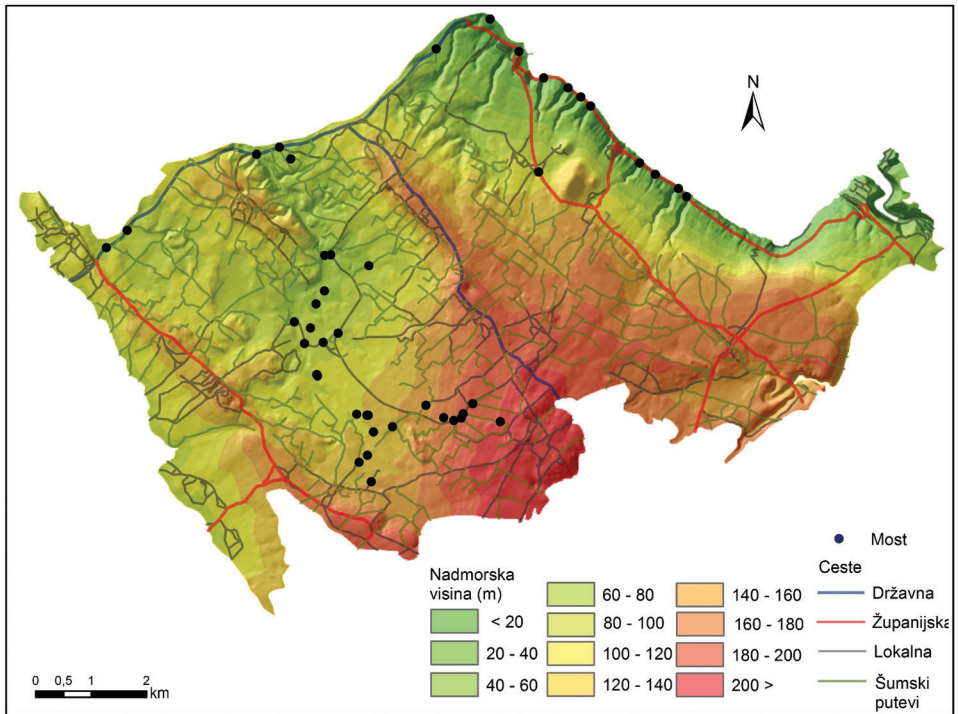
PRILOZI



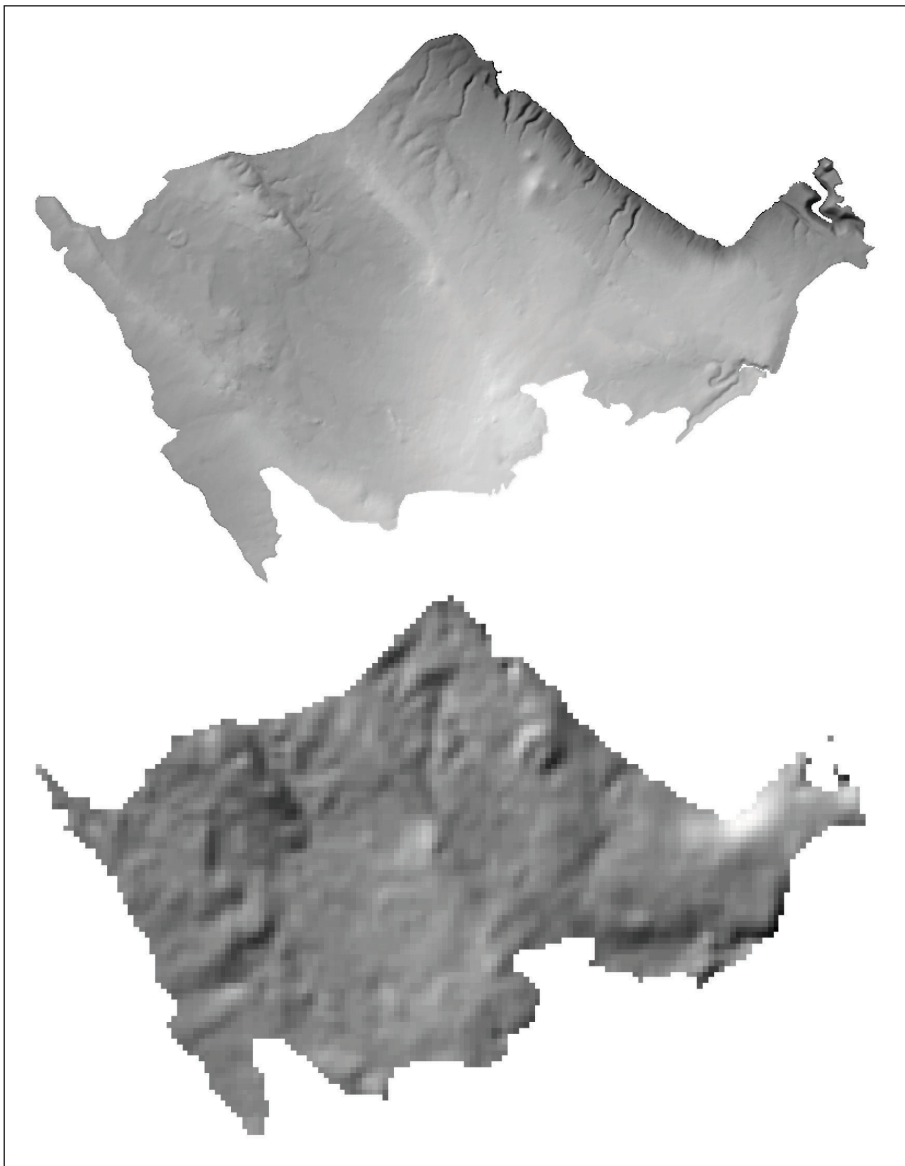
Slika 1. Karta namjene površina na istraživanom području



Slika 2. Prikaz vodenih površina, lokvi i bunara

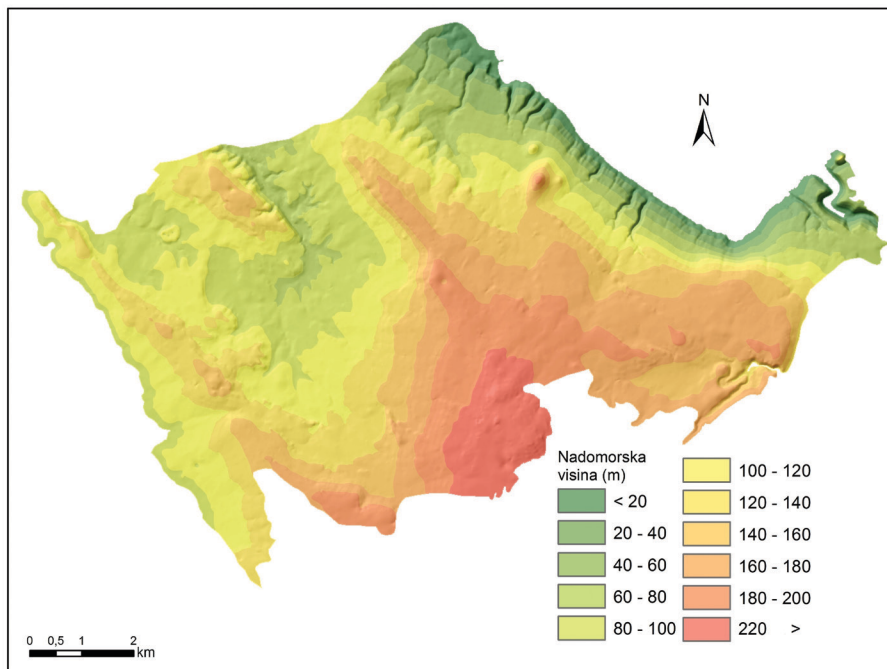


Slika 3. Prikaz svih komunikacija s mostovima

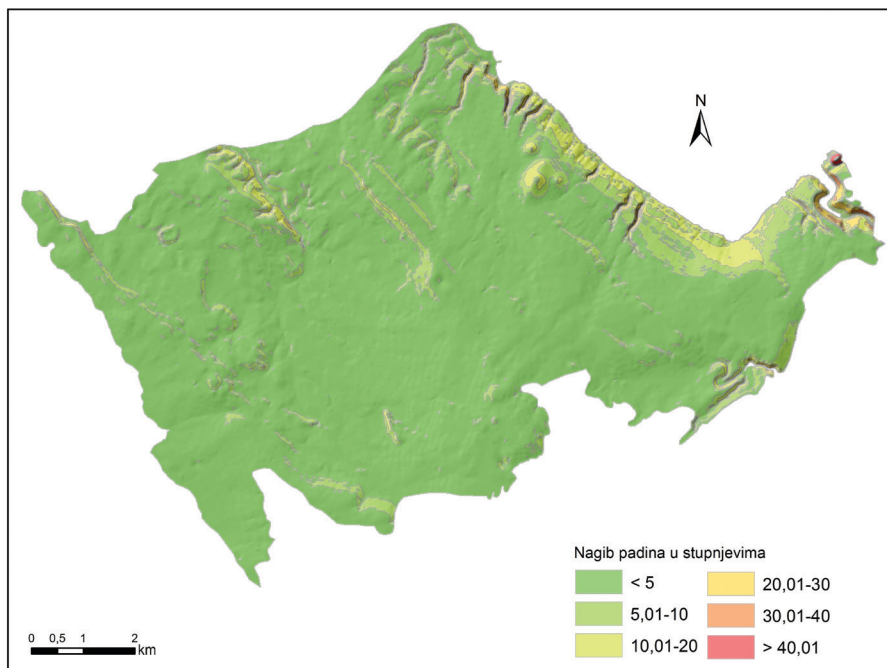


Slika 4. Prikaz modela vrlo visoke kvalitete (prostorna rezolucija 10 m) i modela niske kvalitete (prostorna rezolucija 100 m)

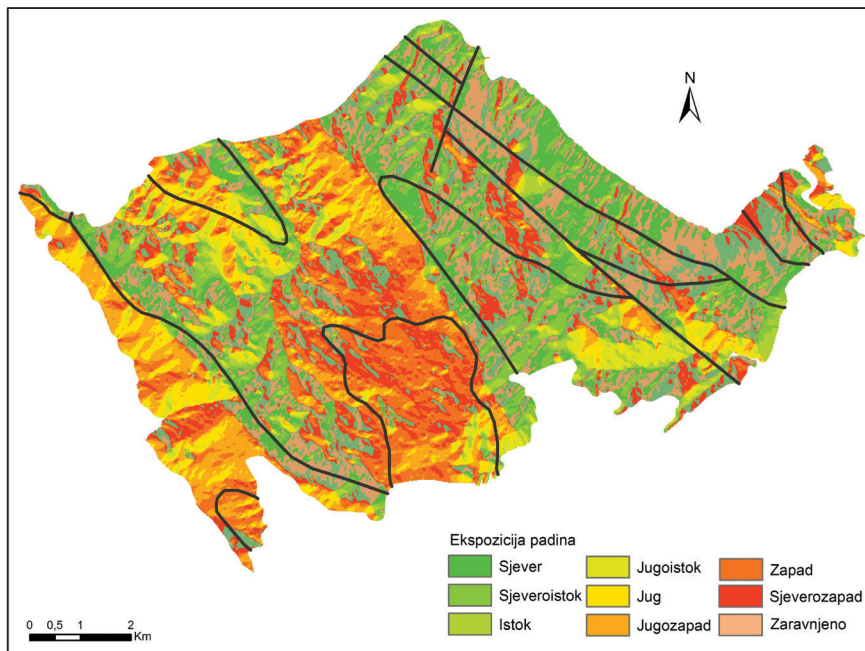




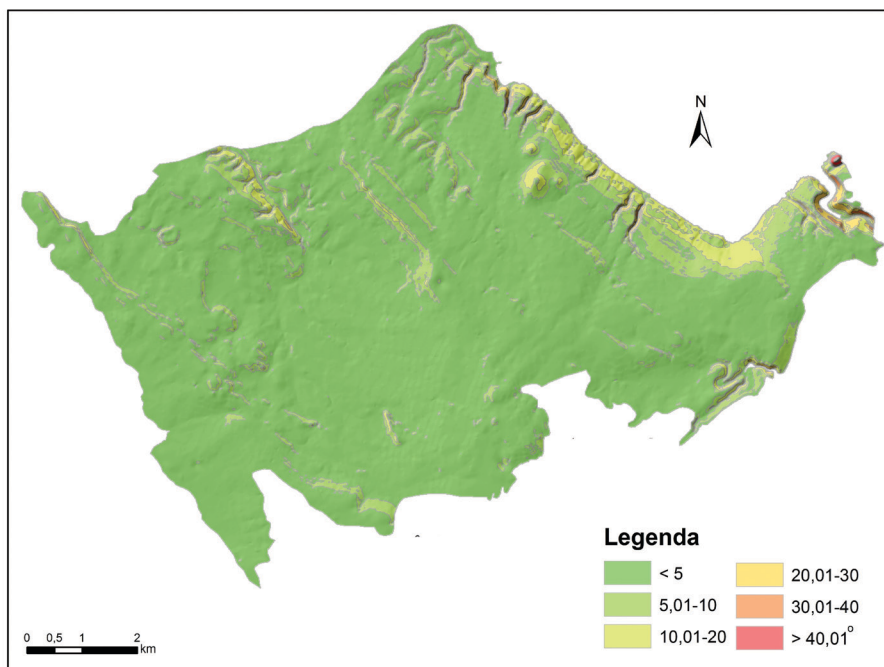
Slika 5. Hispometrijska karta područja istraživanja



Slika 6. Nagib padina prema općoj klasifikaciji nagiba

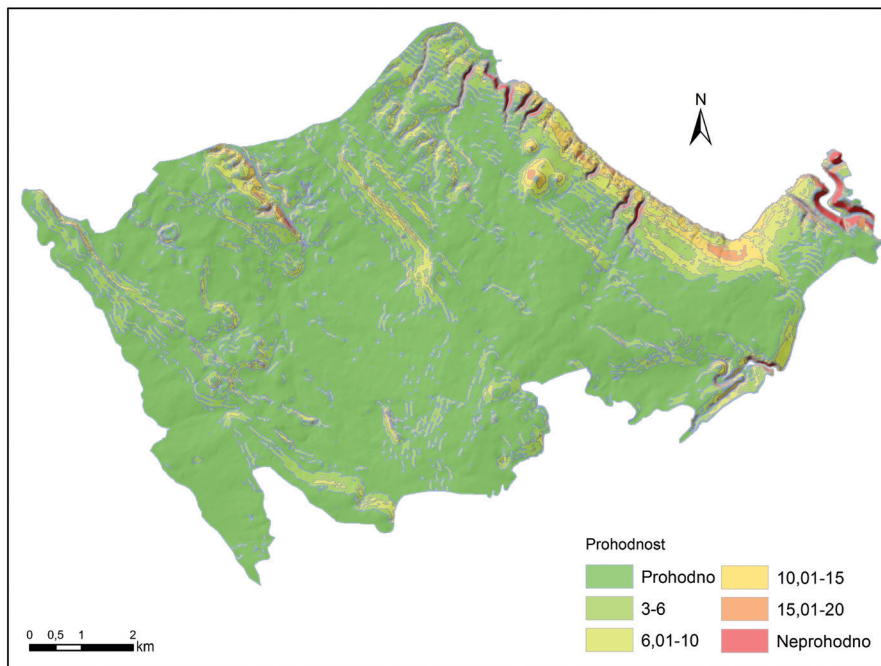


Slika 7. Ekspozicija s prikazom rasjednih zona

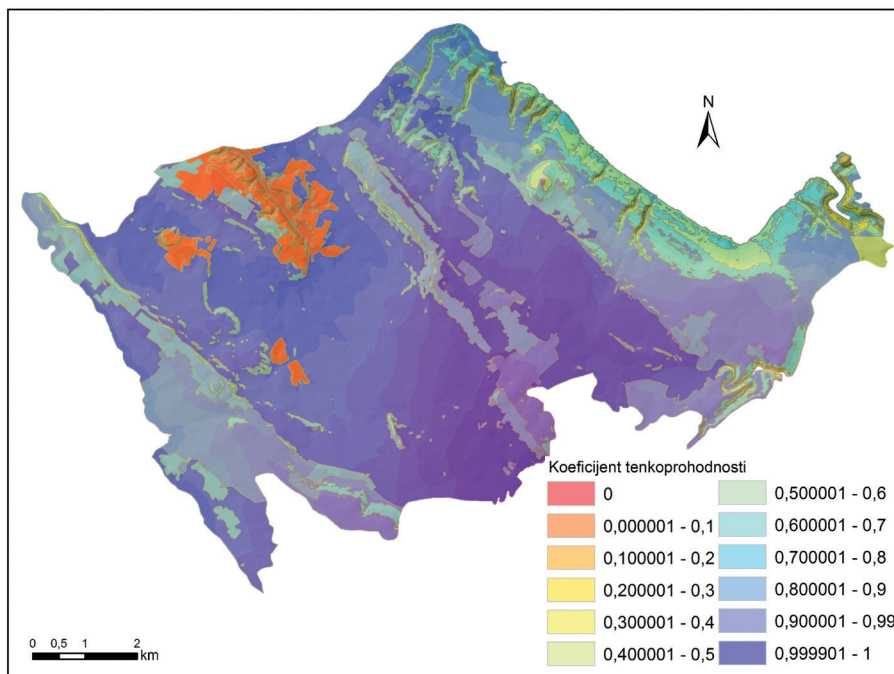


Slika 8. Prohodnost prema nagibu





Slika 9. Međuovisnost brzine kretanja i nagiba



Slika 10. Koefficient tenkoprohodnosti

## CHARACTERISTICS OF DIGITAL RELIEF MODELS WITHIN MILITARY GEOGRAPHIC ANALYSIS – EXAMPLE: MILITARY AND POLICE OPERATION MASLENICA

Marin Sabolović, Ante Šiljeg, Slaven Zdilar

### SUMMARY

Digital relief model is a digitized approximation, with freely chosen spatial resolution, of Earth's surface, made with scientifically chosen interpolation method based on collected and processed data. The application of the model within military geographic analysis is based both on cartographic visualization of the operation area and military geographic analysis essential for planning and execution of combat actions that take place on the researched area. The digital model that is used within this research was made by vectorization process of primary and secondary data collected from both Croatian topographic map (scale 1 : 5000) and Croatian digital ortho-photo map, furthermore the data was interpolated by the interpolation method that generated the most precise area. Researched area is part of the battlefield in a operation Maslenica which started 22 January 1993, respectively the area of responsibility of the Fourth Guards Brigade at the wider area of Novigrad.

*Key words:* operations Maslenica, digital terrain models, military-geographic analysis.