

Uloga metoda daljinskih istraživanja pri izlučivanju sastojina

Brkić, Mia

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:722547>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-24**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVO
SMJER: TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU

MIA BRKIĆ

ULOGA METODA DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA PRI IZLUČIVANJU
SASTOJINA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVO
SMJER: TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU

ULOGA METODA DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA PRI IZLUČIVANJU
SASTOJINA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij Šumarstvo – Smjer: Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu

Predmet: Digitalna kartografija u šumarstvu

Ispitno povjerenstvo: doc. dr. sc. Jelena Kolić

prof. dr. sc. Renata Pernar

izv. prof. dr. sc. Mario Ančić

prof. dr. sc. Ante Seletković (zamjenski član)

Student: Mia Brkić

JMBAG: 0068233626

Datum odobrenja teme: 26.04.2024.

Datum predaje rada: 24.09.2024.

Datum obrane rada: 25.09.2024.

Zagreb, rujan 2024.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

| | |
|----------------------|---|
| Naslov: | Uloga metoda daljinskih istraživanja pri izlučivanju sastojina |
| Title: | The role of remote sensing methods for the stands selection (delineation) |
| Autor: | Mia Brkić |
| Adresa autora: | Krunoslava Heruca 91, 48260 Križevci |
| Mjesto izrade: | Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu |
| Vrste objava: | Diplomski rad |
| Mentor: | doc. dr. sc. Jelena Kolić |
| Izradi rada pomogao: | doc. dr. sc. Jelena Kolić |
| Godina objave: | 2024. |
| Obujam: | poglavlja: 7, stranica: 27, slika: 23, navoda literature: 24 |
| Ključne riječi: | digitalni model reljefa, digitalni ortofoto, GIS model, izlučivanje sastojina |
| Key words: | digital relief model, digital orthophoto, GIS model, delineation of stands |
| Sažetak: | Izlučivanje sastojina opsežan je i zahtjevan posao koji se najčešće provodi terestrički. Osim terestrički, izlučivanje sastojina se može provesti i metodama daljinskih istraživanja. U diplomskom radu prikazat će se uloga metoda daljinskih istraživanja pri izlučivanju sastojina za područje GJ Kalnik-Kolačka, USP Koprivnica, šumarija Križevci. Za područje istraživanja uspostaviti će se jedinstveni GIS model te izraditi digitalni model reljefa. Uvođenjem satelitske snimke kao jednog od slojeva u GIS-u izraditi će se i digitalni ortofoto, na kojem će se vizualno izlučiti poligoni (sastojine) prema vidljivim razlikama u slikovnim pojedinostima šumskih sastojina koja će ukazati na potrebu izlučivanja novih sastojina ili promjene postojećih. |
| Summary: | The selection of stands is an extensive and demanding job that is most often carried out in the field. In addition to terrestrial, stand selection (delineation) can also be carried out by remote sensing methods. The thesis will present the role of remote sensing in the selection of stands for part of the Kalnik-Kolačka management unit. A unique GIS model will be established for the research area and a digital relief model will be created. By introducing a satellite image as one of the layers in the GIS, a digital orthophoto will be created, on which polygons (stands) will be visually separated according to visible differences in the image details of forest stands, which will indicate the need to separate new stands or change existing ones. |

| | | |
|---|---|----------------------|
|  | IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI | OB FŠDT 05 07 |
| | | Revizija: 2 |
| | | Datum: 29.04.2021. |

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 25.09.2024. godine

vlastoručni potpis

Mia Brkić

PREDGOVOR

Pišem ovaj predgovor, a u meni pomiješani osjećaji. Sreća – položila sam svih 62 ispita, završila sam fakultet, upoznala puno divnih ljudi s kojima ću nadam se, kad ću prolaziti kroz Slavoniju, Liku ili BiH, barem sjest i popit kavu kao nekad; Tuga – kraj jednog prekrasnog razdoblja koje me ponajprije formiralo kao osobu, naučilo me kako stvari ne idu uvijek po planu, ali da treba ostati ustrajan, borben i uvijek dati svoj maksimum; Strah – Što dalje? Kamo poći? Nadam se da ću pronaći svoj životni put u „svijetu odraslih“ i da ću nastaviti graditi sve čemu sam ovih 5 (6) godina težila. Bilo je svega, od lijepih stvari – druženja nakon predavanja, terenskih nastava, izlazaka, menza, spavanja pod predavanjem, do onih malo manje lijepih koji su, kad se sve sabere, postali nebitni..) Hvala svima koji su na neki način obilježili moje studiranje, bez vas ništa ne bi bilo moguće.

Ponajprije hvala mojoj mentorici doc. dr. sc. Jeleni Kolić na trudu, pomoći i svim lijepim riječima koje mi je uputila tokom ove naše male „suradnje“.

Mama i tata, hvala za sve riječi podrške tokom ovih godina (ljutnju ćemo zaboravit) i hvala za financijsku pomoć koju ste mi pružili, a znamo da je bilo toga i previše.

Seka, braco, vas tek ovo čeka, uživajte u svakom danu školovanja.

Hvala kolegama s faksa koji su zapravo jedini znali kroz kakve muke se prolazilo, ali uvijek smo ostali složni i (donekle) pozitivni. Nemate pojma koliko ste me nesvjesno gurali sve ove godine samo da bih mogla taj jedan dan, držeći diplomu u rukama, išetat s faksa zajedno sa svima vama.

Karlo, hvala ti na svim lijepim riječima, motivacijskim govorima, pomoći pri učenju i hvala ti za mnoštvo strpljenja koje si imao sa mnom, znam da ti nije bilo lako.:P

Moji ljudi iz Kž, hvala i vama što ste uvijek bili tu. Gledajući prijatelje koje znam od rođenja kako zajedno rastemo, sazrijevamo i uspjevamo u životu, e to je blagodat. Želim nam svima da ostvarimo sve svoje želje, držeći se za ruke i podupirući se međusobno do kraja života.

„Per aspera ad astra.”

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1. Izlučivanje sastojina | 1 |
| 1.2. Daljinska istraživanja | 2 |
| 1.3. Digitalni model reljefa (DMR)..... | 3 |
| 1.4. Digitalni ortofoto (DOF) | 7 |
| 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA | 9 |
| 3. CILJ ISTRAŽIVANJA | 10 |
| 4. METODE RADA | 11 |
| 4.1. Georeferenciranje i rektifikacija..... | 11 |
| 4.2. Izrada digitalnog modela reljefa (DMR-a)..... | 13 |
| 4.3. Izrada digitalnog ortofota (DOF-a) | 15 |
| 4.4. Izlučivanje sastojina | 15 |
| 5. REZULTATI RADA | 17 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 26 |
| 7. LITERATURA..... | 27 |

1. UVOD

Zahvaljujući bogatoj pokrivenosti šumama duž cijelog teritorija, Republika Hrvatska već stoljećima njeuguje njezinu povezanost sa šumama i šumskim zemljištem. Šume pružaju raznolike ekonomske, ekološke i socijalne koristi. Evidentiranje, kartiranje i nadzor promjena predstavljaju ključne elemente održivog upravljanja šumama, omogućavajući učinkovitiju zaštitu i korištenje ovog prirodnog bogatstva.

Temelj za kvalitetno gospodarenje šumama je brza, dobro organizirana i prostorno raspoređena informacija, koja nam daje uvid u trenutno stanje te omogućava lakše planiranje budućeg gospodarenja šumama i sastojinama. Izlučivanje sastojina opsežan je i zahtjevan posao koji se najčešće provodi terestrički. Osim terestrički, izlučivanje sastojina se može provesti i metodama daljinskih istraživanja. Primjenom metoda daljinskih istraživanja znatno se ubrzava ovaj proces omogućujući brže, jeftinije, jednostavnije i objektivnije prikupljanje podataka.

Geografski informacijski sustav (GIS) predstavlja alat koji znatno olakšava analize, istraživanja i planiranja u šumarstvu. Uvođenjem i primjenom daljinskih istraživanja i GIS tehnologije omogućena je preciznija izrada osnove gospodarenja, uz mogućnost kontinuiranog praćenja promjena i nadopunjavanja podataka tijekom vremena.

1.1. Izlučivanje sastojina

U širem smislu, sastojina se može definirati kao površina obrasla šumom određenog tipa ili šumskom zajednicom sličnih strukturnih obilježja, koja se proteže preko više odjela, često na staništima različite kvalitete. Kada granice odjela presijecaju takvu veliku sastojinu, nastaju pojedini odsjeci unutar odjela kao dijelovi takve sastojine. Ako se sastojina nalazi kao enklava unutar granica jednog odjela, tada odsjek čini cijelu sastojinu (Čavlović, 2013).

Odsjekom se smatra najmanja promjenjiva osnovna površina gospodarske podjele šuma s kojom se posebno gospodari kao sastojinom. Sastojine se izlučuju u odsjeke prema uzgojnom obliku, sastojinskom obliku, razvojnom stadiju, vrsti drveća, starosti, cilju gospodarenja, omjeru smjese i obrastu. Najmanja površina odsjeka iznosi jedan hektar, osim u šumama šumoposjednika i odvojenim šumskim površinama, kada ona može biti i manja (NN, 2006).

Odsjeci su podložni promjenama jer sastojinske i strukturne karakteristike variraju pod utjecajem gospodarenja i drugih faktora kroz vrijeme i prostor. Iako su stanišni uvjeti i kvaliteta tla relativno stabilniji, ni oni nisu u potpunosti nepromjenjivi tijekom vremena (Čavlović, 2013).

Zbog promjenjivosti odsjeka, njihovo izlučivanje predstavlja jednu od prvih i redovitih faza terenskog dijela uređivanja šuma. Izlučivanje odsjeka zahtjevan je i ključan dio na kojemu se

temelji intenzivno gospodarenje šumama. Općenito, ovaj postupak se provodi prema sljedećim skupinama kriterija (Čavlović, 2013):

- vrsti drveća,
- dobi sastojine,
- strukturnom obliku,
- uzgojnom obliku i načinu postanka,
- kvaliteti staništa (bonitetu),
- obrastu,
- drugim činiteljima.

Izlučivanje odsjeka katkad može imati obilježja prolaznosti te se izlučeni odsjeci nakon nekog vremena izjednače s okolnim dijelom šume.

Izlučivanje sastojina opsežan je i zahtjevan posao, koji se najčešće provodi terestrički. Budući da se vanjske granice i gospodarska podjela moraju kontinuirano obnavljati, primjenom metoda daljinskih istraživanja znatno se olakšava posao, pri čemu se štedi na novčanim sredstvima i utrošenom vremenu (Pernar i Šelendić, 2006).

1.2. Daljinska istraživanja

Daljinska istraživanja su umijeće, znanosti i tehnologije kojom se dobivaju pouzdane informacije o Zemlji, njenom okruženju i drugim fizičkim objektima, te fizikalnim procesima pri čemu se koriste snimke i senzorski sustavi za prikupljanje podataka, izbjegavajući direktni kontakt s promatranim objektima (Lillesand i Kiefer, 1994). Prema Frančula i dr. (1994) metode daljinskih istraživanja uključuju aktivnosti od snimanja, procesiranja, analiziranja, interpretacije, do dobivanja informacija iz podataka prikupljenih tim istraživanjima.

Cilj daljinskih istraživanja je brzo i ekonomično dobivanje preciznih informacija o relativno velikim područjima, a moguće je pratiti i registrirati dnevne, sezonske i godišnje promjene neke pojave (Oluić, 2001).

Korištenjem daljinskih istraživanja zamjenjuju se spora i skupa terenska prikupljanja podataka te se smanjuje pritisak na područja od velike važnosti (Bajić, 1996). Prema Pernar (1997) primjenom automatizirane i računalom podržane grafike (digitalna kartografija), suvremenih načina prikupljanja podataka (daljinska istraživanja), te uporabom računala za obradu podataka značajno se povećala brzina pripreme podataka za planiranje i provođenje radova u šumarstvu. Prema Pernar i Šelendić (2006) te Klobučar i Pernar (2009) primjenom metoda daljinskih istraživanja smanjuje se opseg terenskog rada te se otvara mogućnost uštede vremena i novca.

Veliki doprinos primjene metoda daljinskih istraživanja u šumarstvu je u nadzoru i kontroli nepristupačnih područja, praćenju stanja šuma, izmjeri i kartiranju pojedinačnih stabala, inventarizaciji i praćenju šumskih sastojina te šumskih kompleksa.

Prema Campbell (2002), daljinska istraživanja možemo podijeliti prema:

- nositeljima uređaja za snimanje:
 - blizupredmetno snimanje (do 100 m)
 - snimke iz zrakoplova ili bespilotnih letjelica (aerosnimanje)
 - snimke iz satelita

- postupcima:
 - fotografski postupci:
 - (1) crno-bijela fotografija (pankromatska i infracrvena)
 - (2) fotografija u boji (kolor fotografija i infracrvena kolor fotografija)
 - nefotografski postupci:
 - (1) aktivni (radarske snimke i lidar)
 - (2) pasivni (video snimke, termo snimke, skenerske snimke i laserska snimanja)

Daljinska istraživanja u šumarstvu imaju važnu primjenu, osobito u smislu istraživanja opasnih i nepristupačnih terena - pri istraživanju miniranih područja, kod potreba procjena stanja šuma nakon velikih prirodnih nepogoda (vjetrolom, snjegolom), za proučavanje opasnosti od požara, za inventarizaciju (podaci o vrstama drveća, starosti stabala, gustoći šuma), za praćenja aktivnosti i planiranja šumskih operacija (sječa, sadnja i obnova), za praćenje bioraznolikosti i mnoge druge.

1.3. Digitalni model reljefa (DMR)

Reljef je jedan od najvažnijih geografskih elemenata jer terenu daje osnovni izgled, utječe na klimu, vegetaciju, privredni razvoj, raspored i na niz drugih geografskih elemenata (Pernar, 1996). Prema Peterca i dr. (1974) pod pojmom reljef podrazumijeva se skup oblika Zemljine površine koju čine ravnine i neravnine, uzvišenja i udubljenja.

Digitalni model reljefa (DMR) je topografski prikaz terena izrađen u obliku mreže obročanih četverokuta, kod kojega svaka točka mreže predstavlja koordinate terena X, Y, Z (Dürstein, 1992). 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). Digitalni model reljefa značajan je zbog toga što uvodi treću dimenziju u GIS, a samim tim i omogućava različita prostorna modeliranja i analize (Pernar, 2010).

Prema Sabolović i dr. (2016), izrada digitaliziranog modela započinje metodologijom odabira vektorskih elemenata (točka, linija i poligon). Slijedi vektorizacija i nakon nje završni dio, interpolacija. Vektorizacija na temelju kartografskih podloga je dugotrajan proces koji zahtijeva skeniranje analognih karata, georeferenciranje, vektorizaciju izohipsi i pridruživanje atributa.

Izrada digitalnog modela reljefa provodi se u dvije faze:

1. Prikupljanje podataka za izradu DMR-a

- terenska izmjera (tahimetrija, GPS)
- fotogrametrijske metode (aero i satelitske snimke, LiDAR i radar)
- digitalizacija/vektorizacija slojnica na kartama

Podaci prikupljeni direktnom terenskom izmjerom su najtočniji. Za terensku izmjeru koristimo različite instrumente kao što su nivelir, teodolit, GPS i dr. Nedostatak ove metode je taj da vremenski dugo traje i potrebno je puno više radne snage što na kraju utječe na porast troškova.

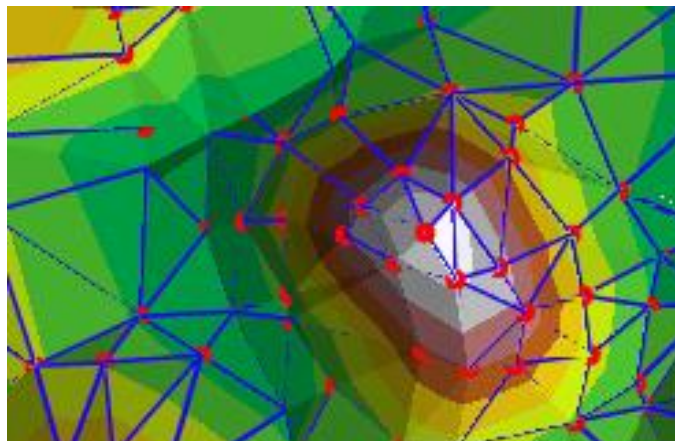
U fotogrametrijske metode spadaju analize aero i satelitskih snimaka te snimaka dobivenih LiDAROM i radarom. Najveći nedostatak ove metode je što nam, ukoliko se radi o aero i satelitskim snimkama, prilikom snimanja smeta vegetacija te zbog velikog broj podataka koje moramo pohraniti, treba razabrati tehnologiju koja pogoduje ovom načinu rada.

Digitalizacija ili skeniranje slojnica s analognih karata najčešća je metoda prikupljanja podataka za izradu DMR-a. Prema Pernar (2013) digitalizirane slojnice se najprije georeferenciraju, vektoriziraju (ekranski, automatski), dodatno uređuju, nakon čega im se pridružuju vrijednosti visina.

2. Uređivanje topoloških odnosa među podacima

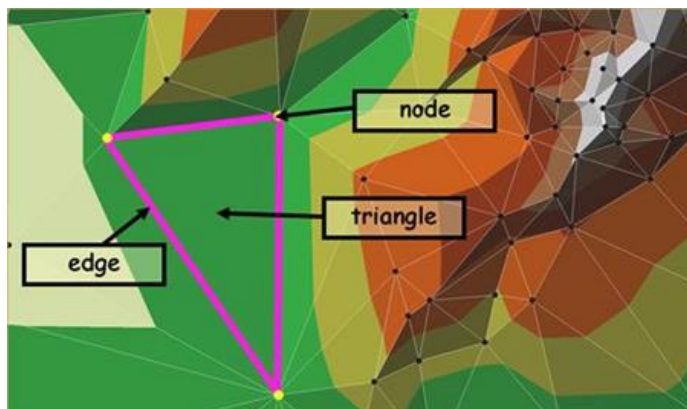
- eksplicitno – TIN struktura (uređenje pomoću nepravilne mreže trokuta)
- implicitno – GRID struktura (uređenje pomoću pravilne mreže četverokuta)
- hibridno – uređenje uz istovremeno korištenje pravilne i nepravilne mreže

TIN je vektorski model kod kojeg su podaci prikazani kao mreža nepravilnih nepreklapajućih trokuta (Slika 1).



Slika 1. Prikaz TIN-a

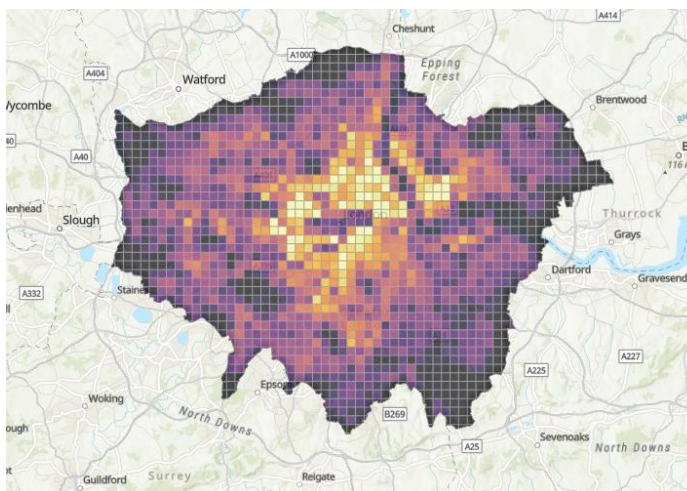
Osnovne sastavnice su čvor, brid i trokut (Slika 2). Čvor (*node*) je točka u kojoj se dotiču dva ili više bridova i svaki čvor određen je svojim koordinatama (x, y, z). Brid (*edge*) je linija koja spaja dva čvora. Iz visine (z) i duljine brida izračunavamo nagib uzduž brida. Tri brida zatvaraju trokut (*triangle*).



Slika 2. Osnovne sastavnice TIN-a

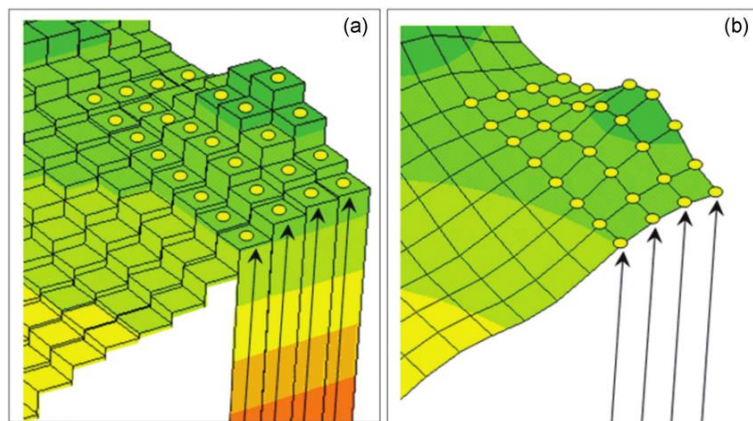
Svaki od trokuta aproksimira izgled i ponašanje terena između čvorova i bridova koji ga formiraju. Vrlo je prilagodljiv pa dobro prikazuje kompleksnost reljefa kod područja s mnogo visinskih promjena jer se koristi veliki broj točaka, dok se na ravnijim terenima koristi manji broj. Nedostatak ovakvih modela je što su jednadžbe za analizu i primjenu TIN-a vrlo složene pa zahtijevaju snažna računala.

GRID je rasterski model kod kojeg su podaci prikazani u obliku pravilne četverokutne mreže. Potrebno je znati samo položajne koordinate (x, y) početne točke a za ostale samo visine (h ili z). Osnovna sastavnica je piksel (Slika 3), koji su sortirani po x i y osi.



Slika 3. Prikaz GRID-a

Pri tome podaci o redovima i stupcima predstavljaju x i y koordinate, dok brojevi podaci matrice predstavljaju z veličine. Z veličina ne mora nužno biti nadmorska visina dotične točke, već to može biti i veličina koja pobliže označava neku ekološku, pedološku, vegetacijsku ili neku drugu značajku u toj točki. Ovako uređeni podaci imaju jednostavnu topologiju i njihovo prikazivanje je jednostavno, te je pohrana u memoriju računala manja. Mreža (*lattice*) predstavlja površinsku interpretaciju GRID-a (Slika 4). Svaka točka mreže, koja se nalazi u sredini četverokuta, sadrži z vrijednost lokacije koja predstavlja nadmorsku visinu. Ova se vrijednost može aproksimirati između susjednih točaka mreže.



Slika 4. (a) kategorički GRID (b) površinska interpretacija GRID-a pomoću mreže

HIBRIDNO- uređenje podataka uz istovremeno korištenje nepravilne mreže TIN i pravilne mreže GRID. Kod hibridnog modela uređenja podataka osnova je GRID, a nadopuna TIN. Spaja jednostavnost GRID-a, te prilagodljivost TIN-a. Čini ga pravilna mreža točaka koja sama nije dovoljno vjeran prikaz, pa se na područjima složenijih geomorfoloških oblika uvode dodatne karakteristične točke (Pernar, 2022).

1.4. Digitalni ortofoto (DOF)

Digitalni ortofoto (DOF) predstavlja digitalnu snimku terena, odnosno kompletnu topografiju snimljenog područja iz zraka (aero ili satelitski snimci), podvrgnutu digitalnoj ortorektifikaciji radi otklanjanja efekata centralne projekcije, pozicije i nagiba kamere te reljefa terena. Prema Bajić i dr. (2004) digitalni ortofoto predstavlja geometrijski ispravljenu fotografiju u digitalnom zapisu, načinjenu od više digitalnih snimki koja uz vjerno prikazivanje terena ima jedinstveno mjerilo na svakom svom dijelu, a dodavanjem kartografskog sadržaja na takav prikaz terena dobiva se ortofoto karta.

Deformacije koje nastaju uslijed centralne projekcije uklanjaju se unaprijed određenom, zadanom plohom. Ukoliko je ploha ortofotografiranja horizontalna ili nagnuta ravnina, kojom se aproksimira generalni tijek površine terena – rezultat je redresirana snimka ili fotoplan. Ako se pri ortofotografiranju površina terena aproksimira digitalnim modelom reljefa (DMR) – rezultat je ortofoto (Pernar i Ančić 2022).

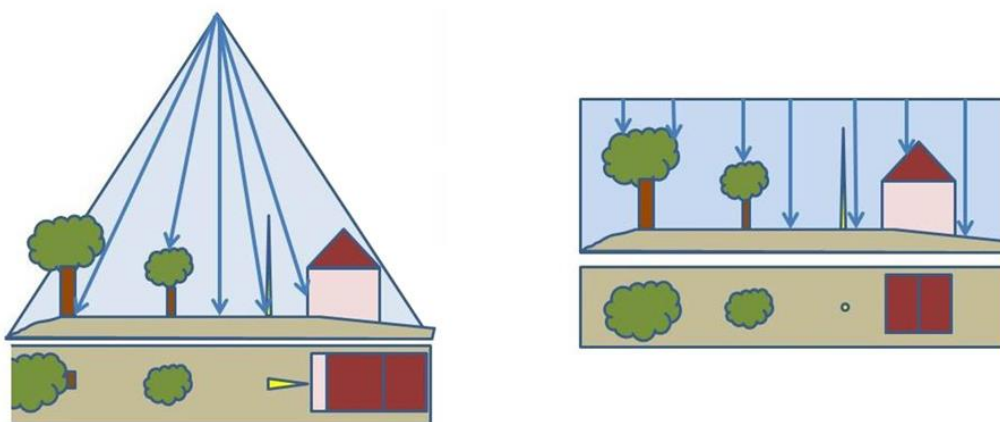
DOF se može izraditi metodom projiciranja i metodom mozaiciranja. Metoda projiciranja predstavlja perspektivnu transformaciju slikovnog sadržaja u ravninu ortofotografiranja, gdje se svaki pojedini piksel projicira sa snimke u ortofoto, te mu se određuje tonska vrijednost obrnutom projekcijom na snimak. Metoda mozaiciranja je postupak spajanja više rektificiranih snimaka u jedinstven prikaz.

Digitalni ortofoto bazira se na DMR-u koji ne uključuje visine objekata iznad plohe terena. To znači da objekti koji se nalaze iznad ili ispod terena nemaju pravilan položaj i nisu prikazani u pravilnoj veličini na ortofoto snimku. Mnogi važni detalji su zaklonjeni, a objekti i dalje sadržavaju deformacije centralne projekcije. Ukoliko se prilikom ortofotografiranja aproksimira tijek površine terena i postojeći objekti sa plohom (zgrade, mostovi, vegetacija), a ta ista ploha dodiruje najviše točke za određenu poziciju, tada se kao rezultat dobije pravi (*true*) ortofoto. Pravi ortofoto uzima podatke o visinama objekata. Pri izradi pravog ortofoto mozaika koristimo dovoljno kvalitetan digitalni model površine (DSM). DSM također uključuje informacije o visini objekata iznad površine.



Slika 5. Razlika između ortofota i pravog ortofota

Za razliku od klasičnog ortofota, pravi ortofoto omogućuje nam mjerenje vodoravnih udaljenosti, a kada se koristi zajedno s drugim vektorskim slojevima, osigurava točnije pozicijsko usklađivanje (Geavis, 2015). Na pravom ortofotu svi izgrađeni objekti nisu projicirani na teren nego su uzeti njihovi podaci o visinama. Tako su na pravom ortofotu prikazani vrhovi objekata bez prikazivanja njihovih bočnih zidova (Slika 6).



Slika 6. Ortofoto i pravi ortofoto

Digitalni ortofoto omogućava (Pernar i Ančić, 2022):

- povezivanje susjednih planova u cjelinu,
- prikazivanje u željenom mjerilu,
- digitalnu obradu (kontrast, boja, analize),
- položajnu točnost,
- korištenje svih informacija sadržanih na izvornom snimku.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Gospodarska jedinica Kalnik-Kolačka, koja se prostire na području šumarije Križevci, Uprava šuma Podružnica Koprivnica, obuhvaća ukupnu površinu od 4223,27 ha. Ova gospodarska jedinica podijeljena je na 95 odjela i posjeduje ukupnu drvenu zalihu od 1263953 m³, s godišnjim tečajnim prirastom od 31465 m³. Prema namjeni, šume koje pripadaju ovoj gospodarskoj jedinici razvrstane su u dvije kategorije: gospodarske šume koje zauzimaju površinu od 2453,37 ha i šume posebne namjene koje se prostiru na 1769,90 ha. Veći dio površine smješten je unutar Koprivničko-križevačke županije (3915,19 ha), dok manji dio pripada Varaždinskoj županiji (308,08 ha).

Kalnik (Slika 7) pripada žumberačko-medvedničko-kalničkom gorskom nizu, koji se pruža u smjeru jugozapad-sjeveroistok, u tzv. "medvedničkom" ili "balatonskom" smjeru pružanja (Vresk, 1972). Najviši vrh ove planine je Vranilovec ili Kalnik, koji doseže visinu od 643 m. Veći broj uskih i duguljastih brežuljaka pruža se poput rebara iz kalničkog trupa u smjeru sjever-jug. Zapadno od Kalnika nalazi se Hrvatsko zagorje, prema sjeveru i sjeveroistoku Podravina, a prema istoku i jugoistoku nalazi se zavalu srednje Hrvatske. Na području gospodarske jedinice prevladavaju južne i jugozapadne padine Kalničkog gorja, koje su presječene manjim vodotocima. Nadmorska visina šumskih površina kreće se od 145 do 643 metra, dok poljoprivredne površine dosežu visine do 400 metara.



Slika 7. Područje istraživanja - Planina Kalnik

Gospodarska jedinica "Kalnik-Kolačka" nastala je 1972. godine spajanjem triju bivših gospodarskih jedinica: Kalnik III, Kalnik i Kolačka. Povijest tih šuma seže unatrag do razdoblja kada je veći dio šuma (Kalnik i dio Kolačke) bio pod upravom Vojne krajine. Nakon ukidanja Vojne krajine 1871. godine, ove šume su podijeljene na državne šume i šume imovnih općina. Manji dio šuma bio je u vlasništvu seoskih zemljišnih zajednica, vlastelinstava, crkve i akcionih društava. Pored toga u ovu jedinicu su uključene i površine koje su bile otkupljene ili su kao općenarodna imovina predane na gospodarenje šumariji Križevci od strane Skupštine općine Križevci.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Budući da je izlučivanje sastojina opsežan je i zahtjevan posao, koji se najčešće provodi terestrički, cilj ovoga diplomskog rada je prikazati mogućnosti primjene metoda daljinskih istraživanja pri izlučivanju sastojina za područje GJ Kalnik-Kolačka, UŠP Koprivnica, šumarija Križevci. Za područje istraživanja uspostaviti će se jedinstveni GIS model te izraditi digitalni model reljefa. Uvođenjem satelitske snimke kao jednog od slojeva u GIS-u izraditi će se i digitalni ortofoto, na kojem će se vizualno izlučiti poligoni (sastojine) prema vidljivim razlikama u slikovnim pojedinostima šumskih sastojina koja će ukazati na potrebu izlučivanja novih sastojina ili promjene postojećih.

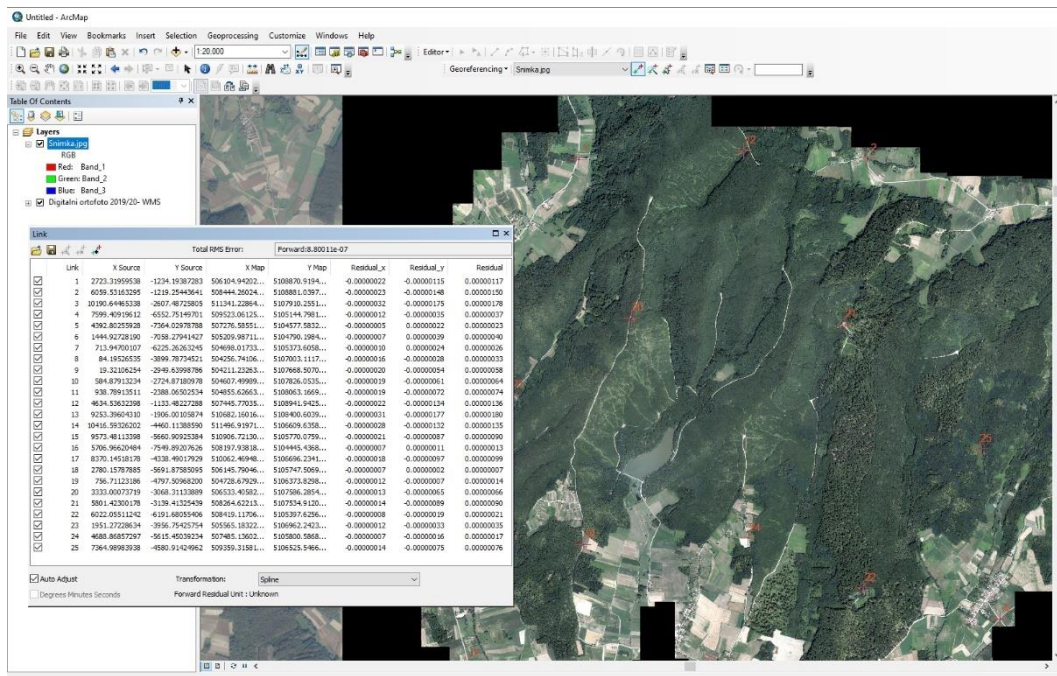
4. METODE RADA

4.1. Georeferenciranje i rektifikacija

Za odabrano područje istraživanja preuzete su satelitske snimke sa Google Earth-a koje je najprije bilo potrebno spojiti u jednu cjelinu koristeći Microsoft Image Composite Editor. Nakon spajanja slika, sljedeći korak je bio smještanje dobivene snimke u prostor dodjeljujući mu pripadajuće koordinate. Taj postupak uključuje georeferenciranje i rektifikaciju.

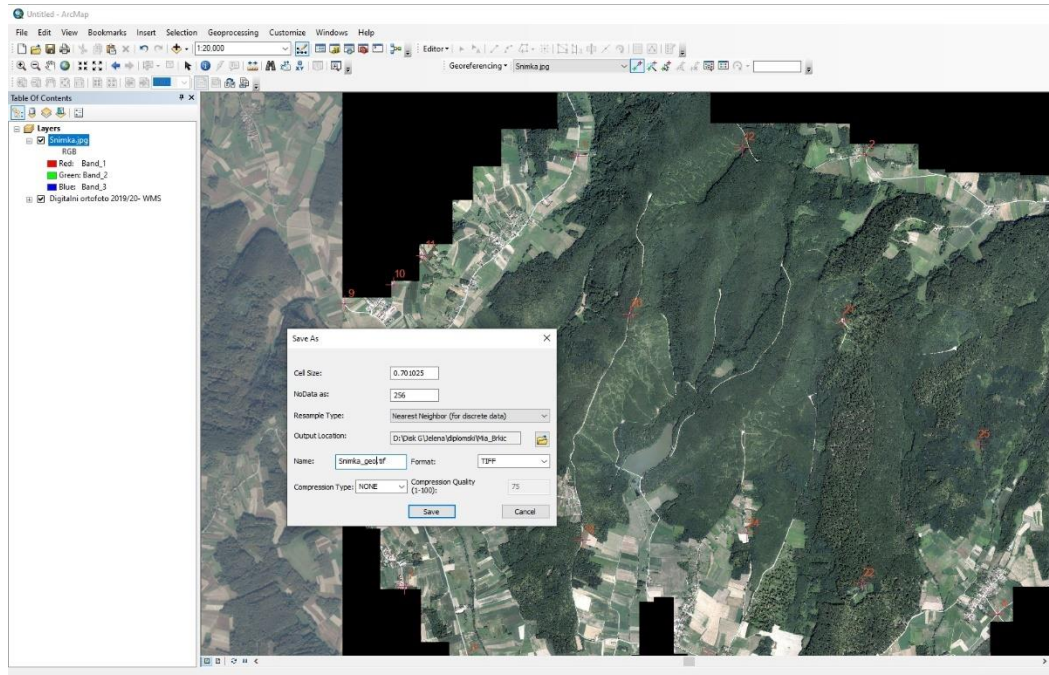
Georeferenciranje je proces pridruživanja koordinata skeniranim slikama bez obzira radi li se o kartama ili aero, odnosno satelitskim snimkama. Viši oblik pridruživanja koordinata slikovnim sadržajima je rektifikacija (Pernar, 2022).

Za postupak georeferenciranja odabirane su GCP (*Ground Control Point*) – točke koje su lako prepoznatljive i na snimkama i na karti (Slika 8). To mogu biti npr. raskrižja puteva, progale, osamljena stabla. GCP točke omogućuju GIS softveru da precizno smjesti snimku u prostor, ispravno je orijentira te ispravi eventualne pogreške u foto-geometriji. Proces uključuje odabir dovoljnog broja referentnih točaka na snimci i na karti, što omogućava da softver izračuna ispravnu poziciju snimke u odnosu na koordinatni sustav.



Slika 8. Postupak georeferenciranja

Nakon odabira točka, potrebno je odabrati odgovarajući postupak po kojem će se provesti transformacija u postupku rektifikacije (Slika 9). To je proces u kojem se preračunava položaj svakog piksela i smješta ga na pravo mjesto, a rezultat je slika koja je tada ispravno smještena u prostoru.

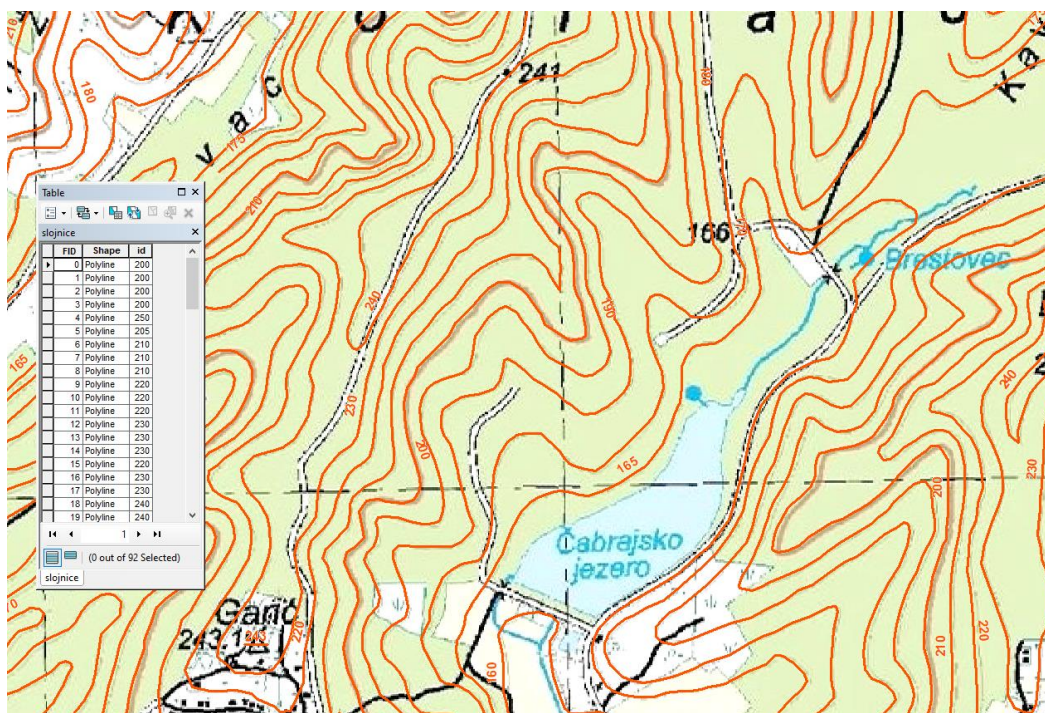


Slika 9. Postupak rektifikacije

Prednost rektificirane slike je točnost i preciznost prilikom vektorizacije. Povećanjem i pomicanjem slike po ekranu prilikom vektorizacije ne dolazi do izmještanja slike što naposljetku utječe na kvalitetu rezultata.

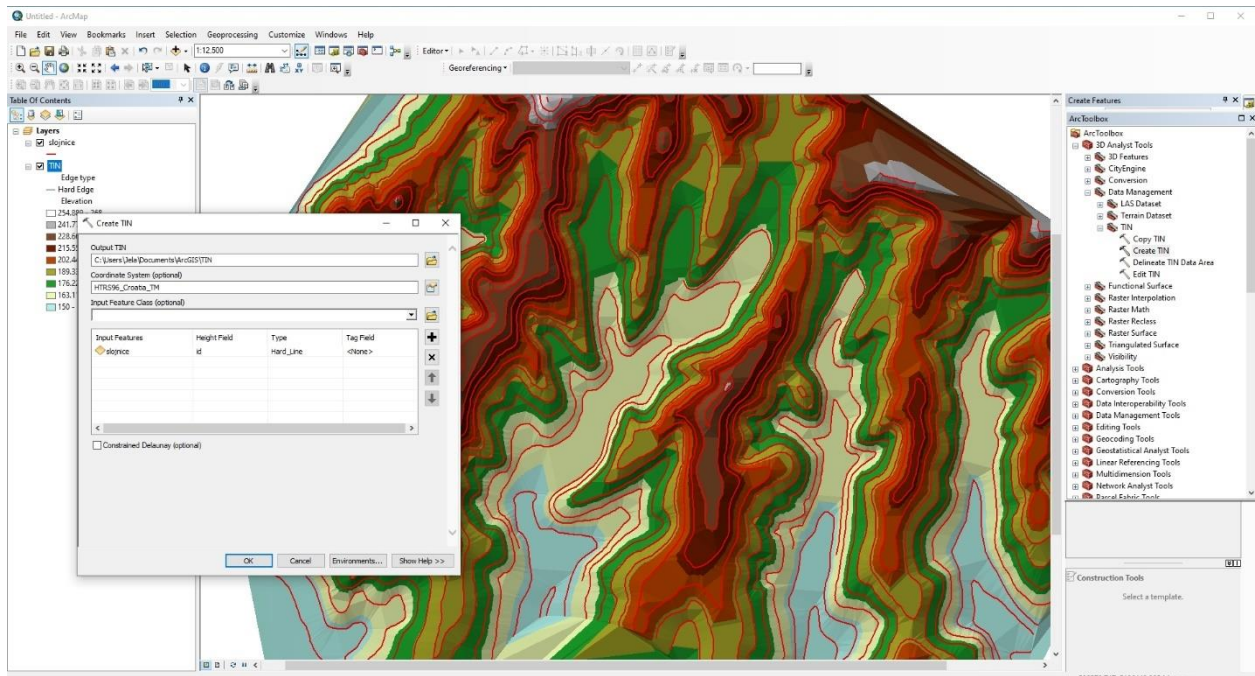
4.2. Izrada digitalnog modela reljefa (DMR-a)

Osnovni podaci za izradu digitalnog modela reljefa (DMR-a) prikupljaju se kroz podatke koji sadrže x, y, z koordinate, što znači da se bilježe geografski položaji (x, y) i visina (z) na površini Zemlje. To se postiglo postupkom vektorizacije (Slika 10) odnosno “izvlačenja” slojnica na topografskoj karti u mjerilu 1:25000 (TK25). U atributnoj tablici formira se stupac u koji se za svaku vektoriziranu slojnicu upisuje nadmorska visina.

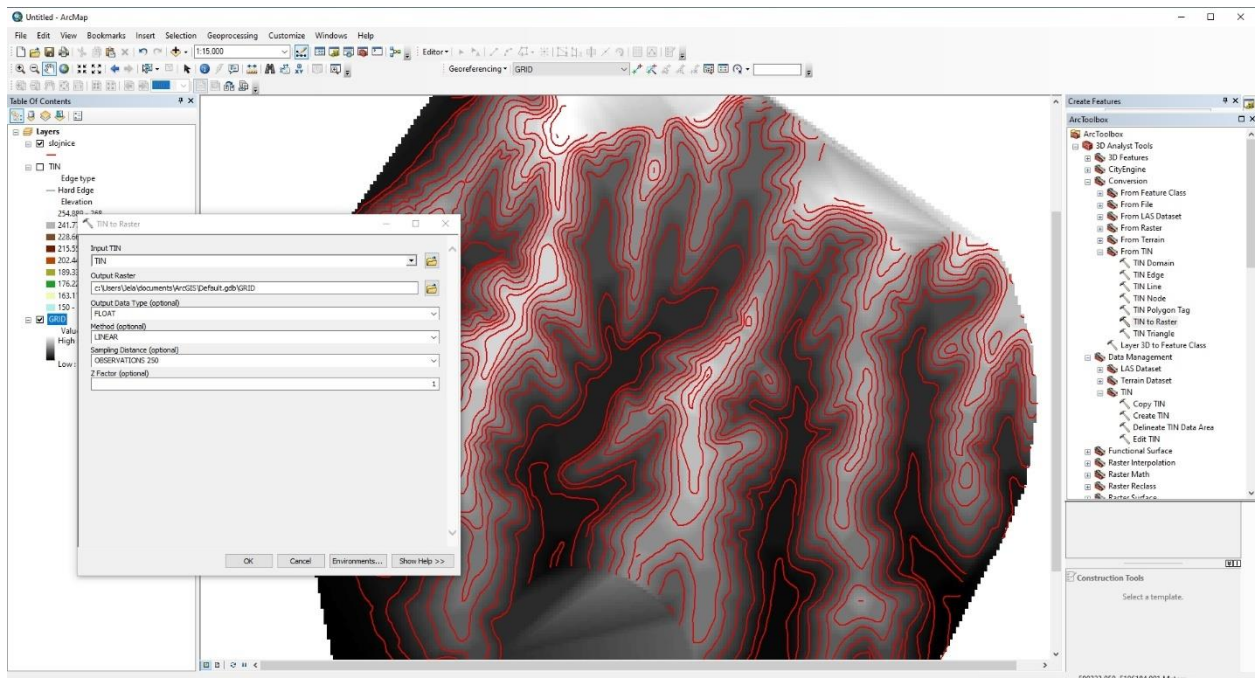


Slika 10. Vektorizacija slojnica

Na temelju prikupljenih podataka vektorizacijom slojnica i unesenih podataka o nadmorskoj visini u atributnu tablicu, izrađen je DMR za područje istraživanja. Iz navedenih podataka kreirani su: vektorski digitalni model reljefa TIN (Slika 11) i rasterski digitalni model reljefa GRID (Slika 12).



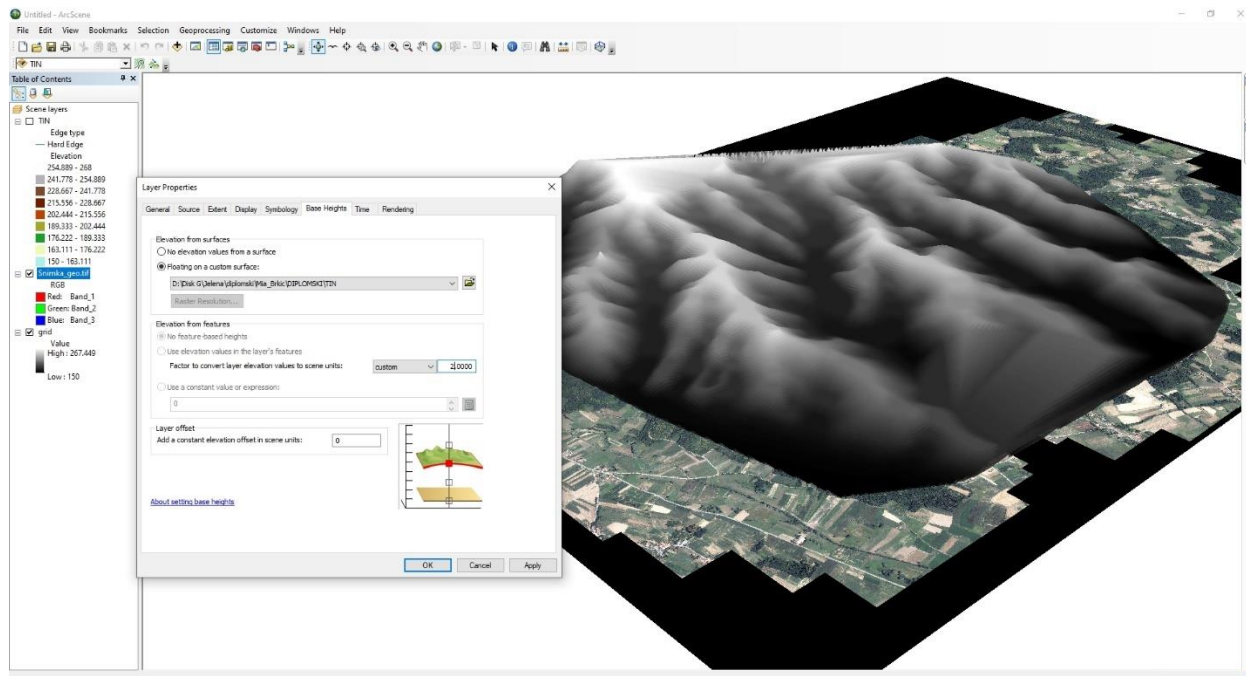
Slika 11. Uređenje podataka pomoću nepravilne mreže trokuta - TIN



Slika 12. Uređenje podataka pomoću pravilne mreže četverokuta - GRID

4.3. Izrada digitalnog ortofota (DOF-a)

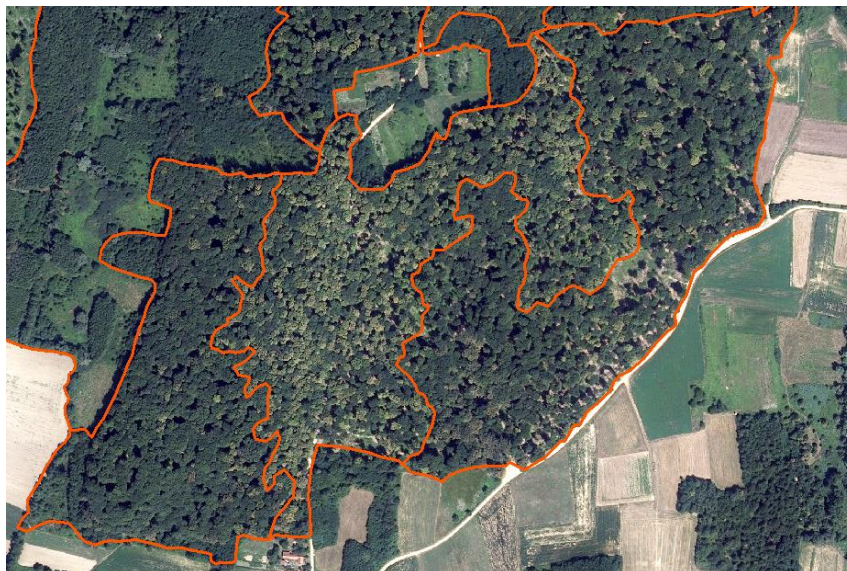
Digitalni ortofoto područja istraživanja izradili smo tako da se preko izrađenog DMR-a “prevuku” georeferencirane satelitske snimke. Ovim postupkom dobili smo sloj koji sadrži podatke iz DMR-a, kao i informacije koje možemo interpretirati iz snimaka. Na izrađeni DOF moguće je preklapati različite vektorske i rasterske sadržaje.



Slika 13. Prikaz izrade DOF-a

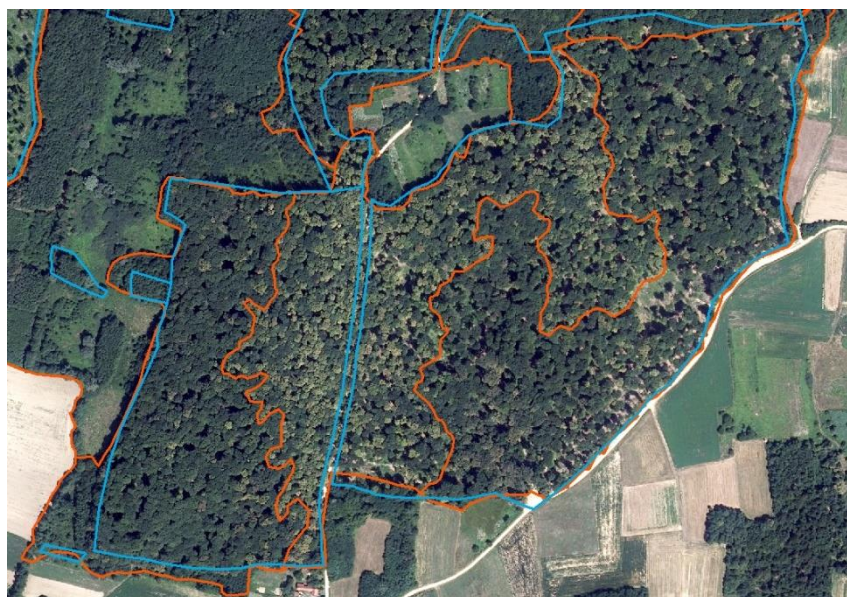
4.4. Izlučivanje sastojina

Za istraživano područje bilo je moguće provesti izlučivanje sastojina na digitalnom ortofotu koji nam daje precizne podatke jer uključuje vremensku komponentu (trenutni uvid u stanje na terenu). Sastojine (poligoni) su na DOF-u delineirane (izlučene) vizualnom interpretacijom snimke (Slika 14) prema vidljivim razlikama u slikovnim pojedinostima šumskih sastojina (dob, struktura, ...).



Slika 14. Primjer izlučivanja sastojina na DOF-u

Na temelju interpretacije i vektorizacije DOF-a dobiveni su poligoni unutar postojećih odsjeka, koji nam ukazuju na eventualnu mogućnost izdvajanja novih odsjeka (Slika 15).



Slika 15. Primjer usporedbe izlučenih sastojina (narančasto) sa već postojećom gospodarskom podjelom (plavo)

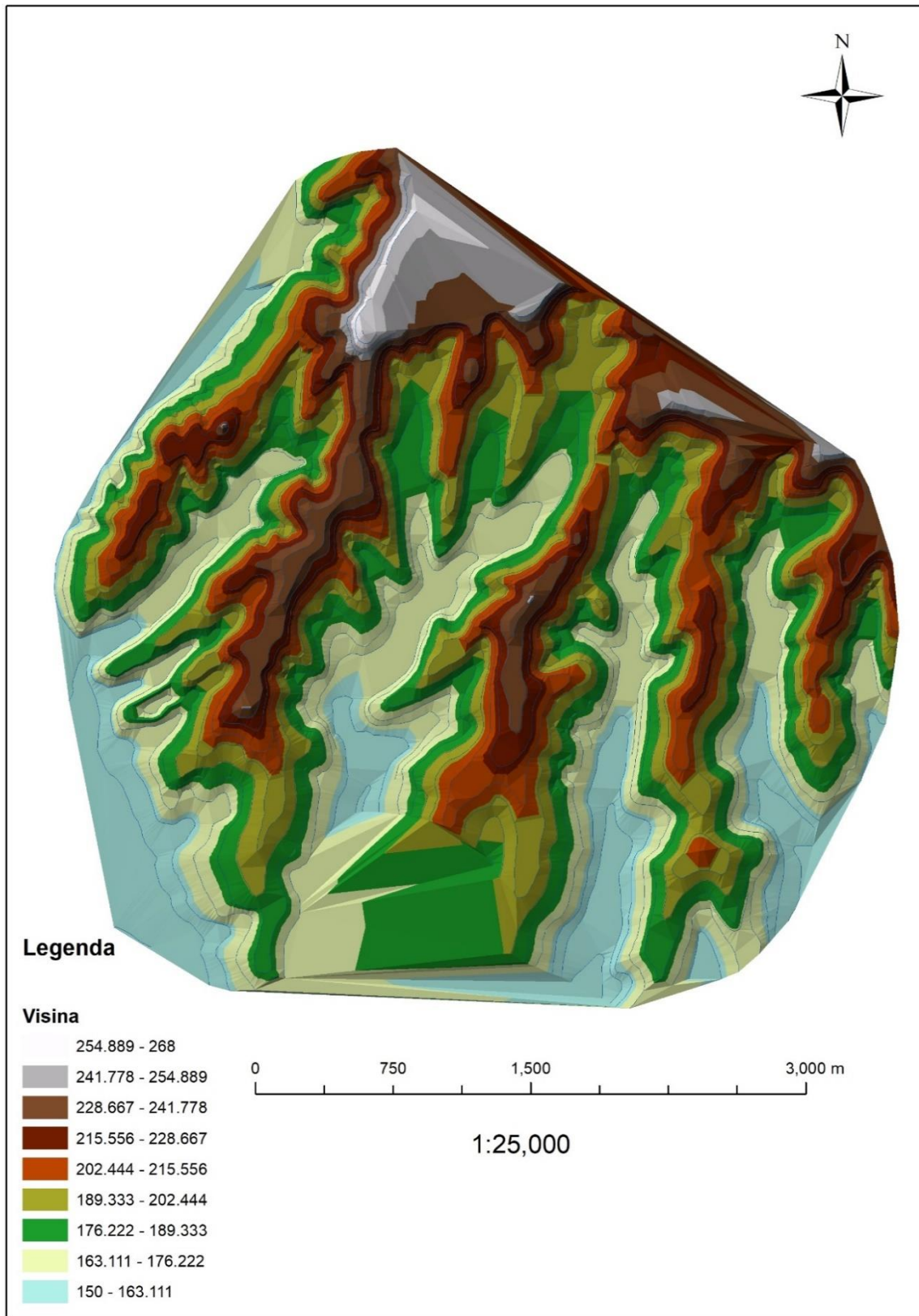
5. REZULTATI RADA

Primjenom GIS tehnologije izrađen je digitalni model reljefa (DMR), digitalni ortofoto (DOF) i uspostavljen je GIS model područja istraživanja za dio GJ Kalnik-Kolačka.

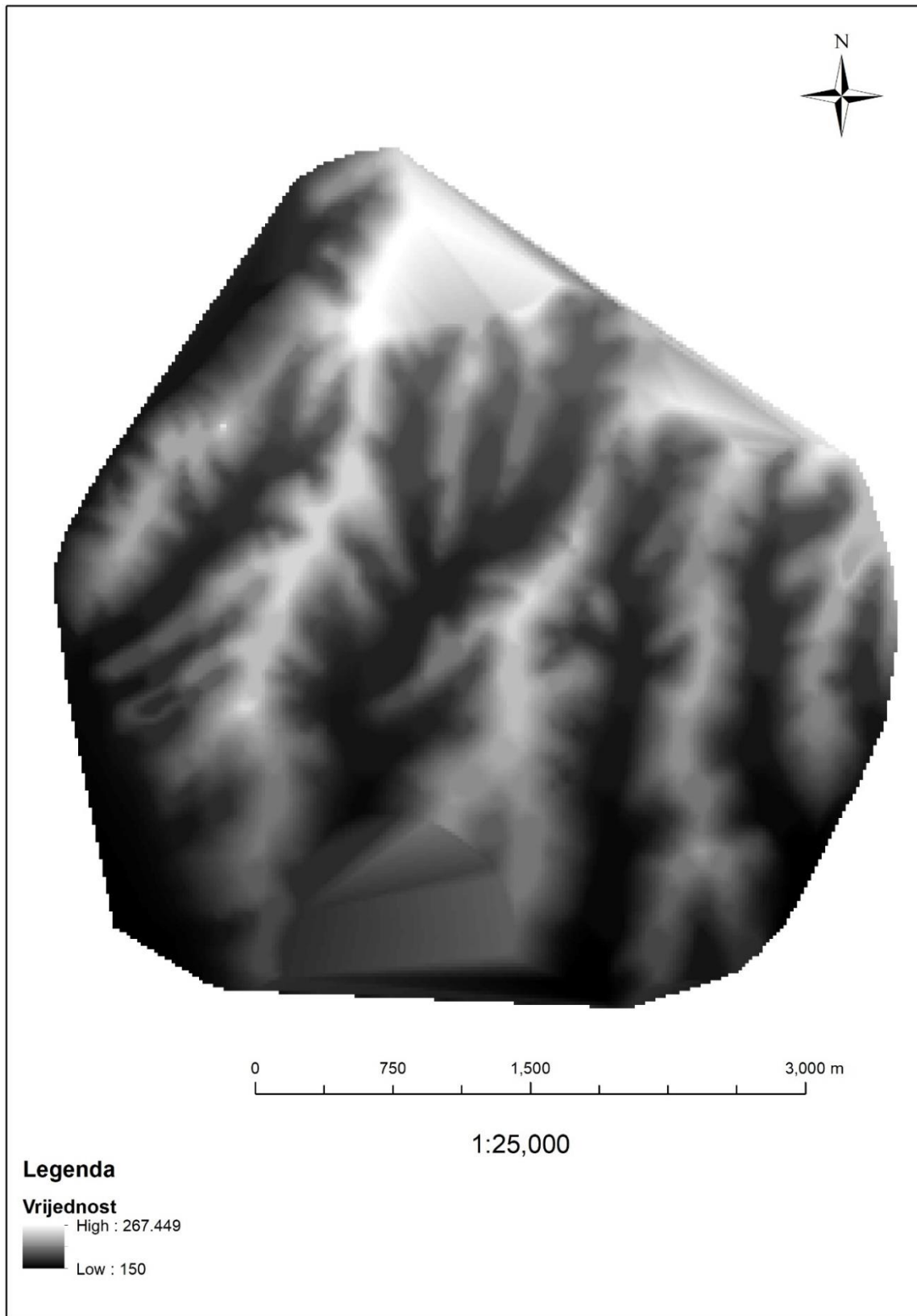
Izrađeni digitalni model reljefa (DMR), kao zaseban sloj unutar GIS sustava, je važan sloj jer omogućuje vizualizaciju nadmorskih visina te je ključan za izradu DOF-a, koji pruža prikaz stvarnog stanja terena iz ptičje perspektive.

Uspostavom GIS modela područja, za GJ Kalnik-Kolačka dobiveni su:

- Vektorski model reljefa (TIN) – Slika 16
- Rasterski model reljefa (GRID) – Slika 17
- Digitalni ortofoto (DOF-perspektivni prikaz) – Slika 18
- Ortofoto sa izlučenim sastojinama (novi odsjeci) – Slika 19
- Usporedba izlučenih sastojina (narančasto) sa već postojećom gospodarskom podjelom (plavo) – Slika 20
- Ortofoto sa usporedbom izlučenih sastojina (narančasto) sa već postojećom gospodarskom podjelom (plavo) – Slika 21
- Perspektivni prikaz odjela/odsjeka na DOF-u – Slika 22
- Perspektivni prikaz izlučenih sastojina (novih) na DOF-u – Slika 23



Slika 16. Vektorski digitalni model reljefa (TIN)



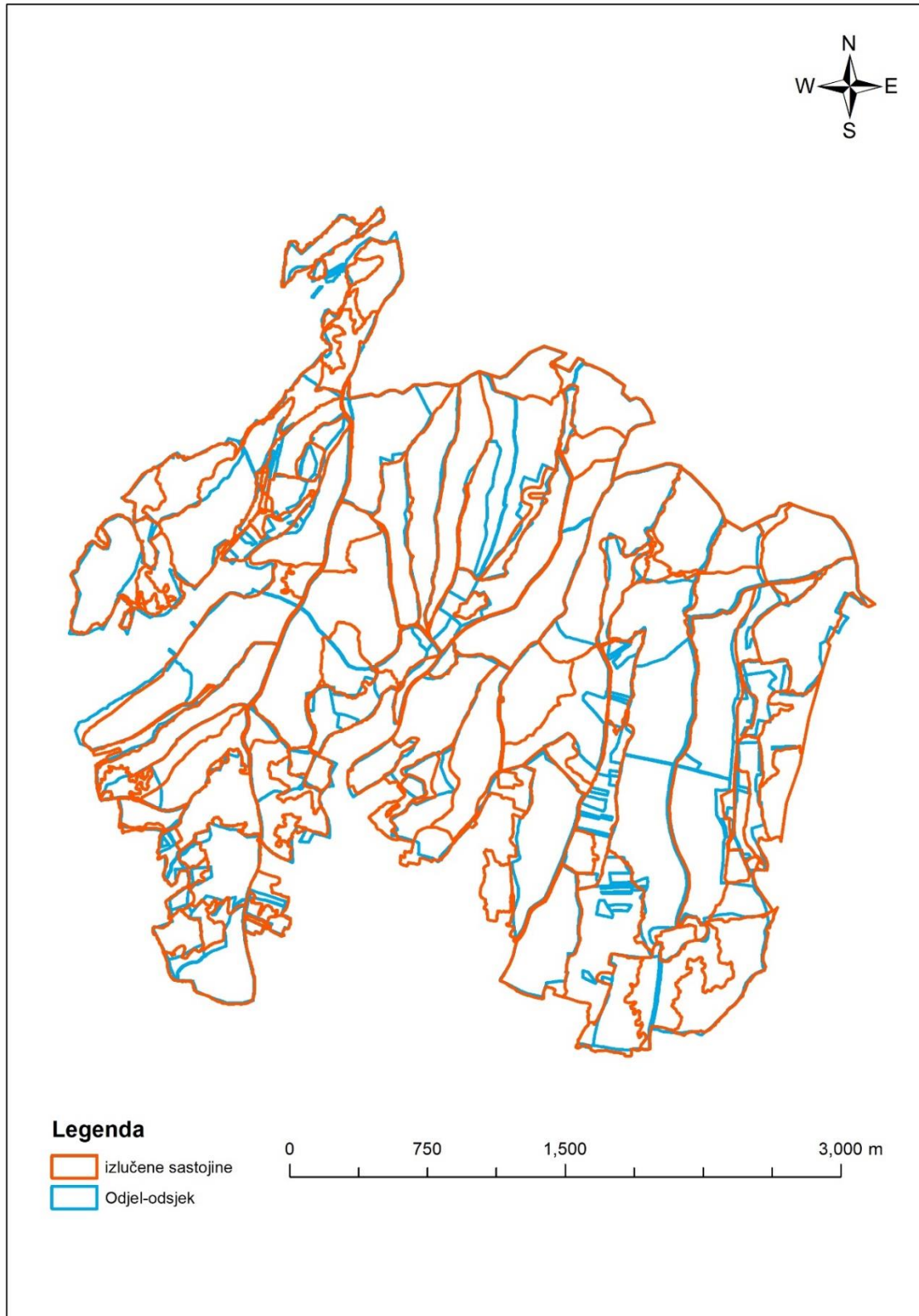
Slika 17. Rasterski digitalni model reljefa (GRID)



Slika 18. Digitalni ortofoto (DOF)



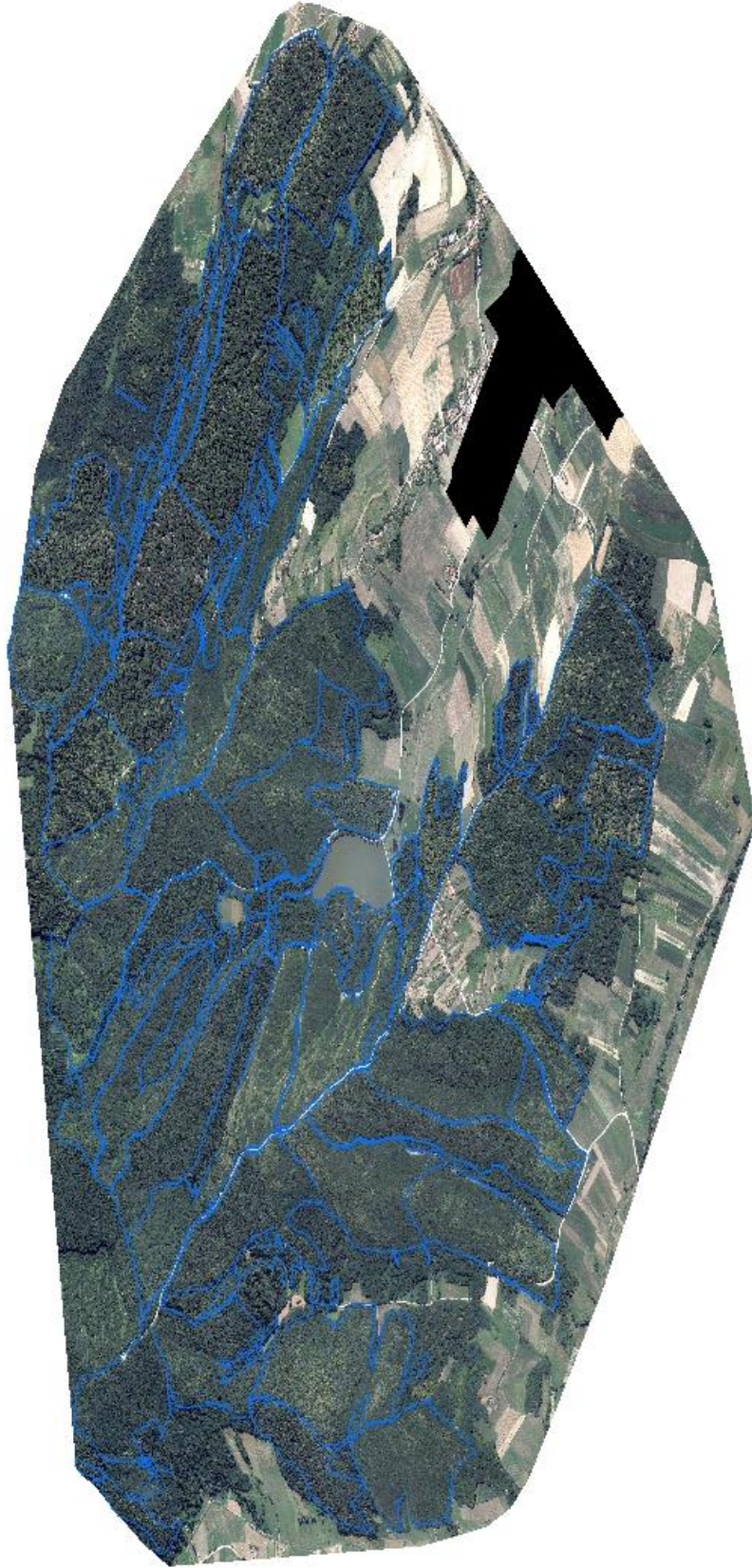
Slika 19. Ortofoto sa izlučenim sastojinama
(novi odsjeci)



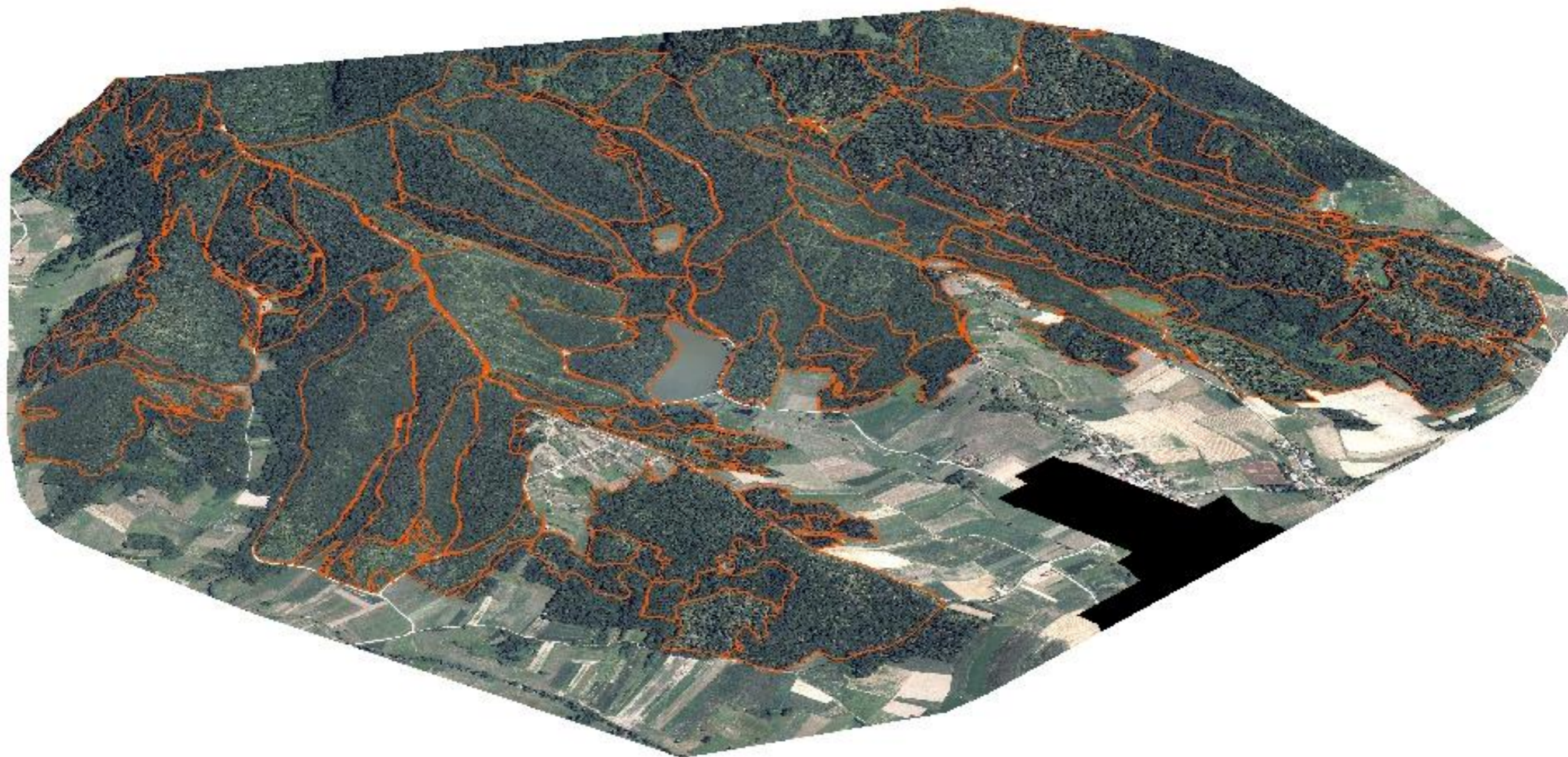
Slika 20. Usporedba izlučenih sastojina (narančasto) sa već postojećom gospodarskom podjelom (plavo)



Slika 21. Ortofoto sa usporedbom izlučenih sastojina (narančasto) sa već postojećom gospodarskom podjelom (plavo)



Slika 22. Perspektivni prikaz odjela/odsjeka na DOF-u



Slika 23. Perspektivni prikaz izlučenih sastojina (novih) na DOF-u

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu provedenih istraživanja i dobivenih rezultata za dio gospodarske jedinice Kalnik-Kolačka mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Na temelju digitalnog modela reljefa (DMR) izrađen je digitalni ortofoto (DOF) koji nam omogućuje uvid u stanje istraživanog područja iz ptičje perspektive.
- Uvođenjem DOF-a kao jednog od slojeva u GIS-u dobivena je kvalitetna i vjerodostojna podloga za provođenje različitih prostornih analiza.
- Vektoriziranjem (izlučivanjem) sastojina na izrađenom DOF-u dobivaju se precizni podaci jer DOF omogućava uvid u trenutno stanje na terenu kao i praćanje nastalih promjena.
- Rezultati provedenih istraživanja ukazuju na mogućnosti primjene DOF-a, izrađenoga na temelju javno dostupnih satelitskih snimaka (GoogleEarth) s ciljem bržeg i ekonomičnijeg izlučivanja sastojina.
- Provedenim istraživanjem ukazano je na značaj i ulogu korištenja metoda daljinskih istraživanja za kvalitetnije gospodarenje i planiranje u šumarstvu.

7. LITERATURA

1. Akšić M., 2010: Digitalni ortofoto g.j. „Dišnica-Zobikovac-Petkovača“ i njegov značaj pri uspostavi GIS-a, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
2. Bajić, M., Ciceli, T., Krtalić, A. 2004: Primjena daljinskih istraživanja, fotogrametrija i GIS-a u razminiravanju teritorija RH, Stručni rad
3. Belcar, M., 2024: Digitalni ortofoto - izrada i mogućnosti primjene u šumarstvu na primjeru g.j. Sjeverna Ivanščica, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
4. Butorac, A., 2009: Uspostava GIS-a i izrada DMR-a za gospodarsku jedinicu „Jasenovo Bilo“ i neke mogućnosti primjene u šumarstvu, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
5. Crnković, L., 2006: Uspostava i analiza GIS modela g.j. „Dletvo“ za razdoblje od 1994. do 2004. godine, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
6. Čavlović, J., 2013: Osnove uređivanja šuma. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
7. Ištuk, J., 2023: Izrada digitalnog ortofota za provođenje različitih prostornih analiza, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
8. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., 2000: Remote sensing and image interpretation, 4th ed., John Wiley and Sons, 724 str., New York
9. Margić M., 2007: Aero i satelitske snimke kao slojevi pri uspostavi GIS-modela, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
10. Medenjak, N., 2008: Uspostava GIS-a i mogućnost primjene pri izlučivanju sastojina na primjeru g.j. „Željeznica“, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
11. Muller D., 2010: Digitalni model reljefa (DMR) i ortofoto snimka kao slojevi unutar GIS-a, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
12. Pentek B., 2013: Uklapanje digitalnog ortofota u GIS model područja UŠP Senj, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
13. Perić M., 2018: Mogućnosti primjene metoda daljinskih istraživanja za praćenje stanja šuma uzrokovanog elementarnim nepogodama, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
14. Pernar R., 2022: Digitalni model reljefa, prezentacija, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
15. Pernar R., 2022: Digitalni ortofoto, prezentacija, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
16. Pernar, R. i D. Šelendić, 2006: Prilog povećanju interpretabilnosti aerosnimaka i satelitskih snimaka za potrebe uređivanja šuma // Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje 5, 467-477

17. Pipunić, M., 2009: Poboljšanje postojećeg GIS – modela g.j. Belčićev gaj uvođenjem satelitske snimke i DMR-a, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
18. Rukavina I., 2012: Uloga digitalnog ortofota ori uspostavi GIS-a za analizu otvorenosti šuma, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
19. Stipančić, L., 2018: Digitalni ortofoto (DOF) – izrada i mogućnosti primjene u zaštiti šuma, Diplomski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
20. Videc G., 2009: Sitni glodavci kao dio šumskog ekosustava Ivanšćice, Magistarski rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
21. Zagoranski F., 2015: Način izrade, poboljšanje i uporaba DMR-a u šumarstvu, Završni rad, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

Popis URL-ova:

1. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_10_111_2462.html
2. <https://javnipodaci.blob.core.windows.net/pdf/188/Opis.pdf>
3. <https://geoportal.dgu.hr/>