

OCJENA TOČNOSTI GEOKODIRANJA OSNOVNE DRŽAVNE KARTE I DIGITALNOG ORTOFOTA

ASSESSMENT OF ACCURACY OF GEOCODING OF BASIC MAP OF CROATIA AND DIGITAL ORTHOPHOTOGRAPHS

Damir KLOBUČAR*

Sažetak: U ovom radu prikazane su osnovne odrednice izrade digitalnog ortofota, korištenjem odgovarajućih programskih paketa. Digitalni ortofoto izrađen je na bazi crno – bijelih aerofotosnimaka ($M \approx 1 : 20\ 000$), pridobivenih tijekom cikličkog snimanja Republike Hrvatske.

Budući da se ove snimke nalaze na tržištu uz izrazito pristupačnu cijenu, a šumarstvu mogu pružiti razmjerno velik broj informacija, primarni cilj ovoga rada bio je ocijeniti točnost geokodiranja digitalnog ortofota, odnosno Osnovne državne karte (ODK).

Rezultati provedene analize upućuju na minimalna odstupanja geokodiranih listova ODK – e, tj. kontrolnih točaka u odnosu na vrijednosti analognih izvornika. Također, točnost geokodiranja digitalnog ortofota zadovoljavajuća je za primjenu u šumarstvu Republike Hrvatske. Stoga se preporučuje izrada digitalnog ortofota prilikom izrade svake gospodarske osnove (redovne revizije), ali po mogućnosti sa snimkama krupnijeg mjerila, s tim da se kontrolnim točkama prekriju cijele snimke, čime bi se umanjile uočene pogreške.

Ključne riječi: digitalni ortofoto, Osnovna državna karta (ODK), geokodiranje, cikličko snimanje, digitalni model reljefa (DMR).

UVOD – Introduction

Pouzdana izrađena karta u šumarstvu od velikog je značenja, za čiju odgovarajuću izradu trebaju biti zainteresirani svi segmenti šumarstva.

Potrebe i vrijednosni pokazatelji tako izrađene karte su raznoliki, a uspješno se mogu odrediti kvantitativno i kvalitativno.

Pri njihovom nabranjanju i ukazivanju na njihovu korist može se početi od onih najjednostavnijih, kao što je opći prostorni prikaz npr. područja Uprave šuma, Parka prirode ili gospodarske jedinice na nekoj preglednoj karti.

Ispravno (lokacijski – prostorno, veličinom) kartirana površina npr. odjela i pripadajućih mu odsjeka, dobiva ogromnu važnost u sferi korištenja različitih temat-

skih cjelina (karata), odnosno mogućnosti korektnog izračunavanja drvnih masa, prirasta, propisivanja etata i uzgojnih radova, a s tim i povezanih mogućnosti materijalno-financijskih kalkulacija (Klobučar, 2002).

Za svaku informaciju o šumi mora se znati mjesto (površina) na Zemlji, na koje se ta informacija odnosi. Položaji točaka na zemaljskoj površini određuju se geodetskom izmjerom, pa zato primjena geodezije datira od prvih početaka šumarstva. Postojanje recentnih geodetskih planova i karata neophodno je i nužno u racionalnom šumskom gospodarstvu (Klafadžić, 1995).

U ovom su radu za izradu digitalnog ortofota korištene crno-bijele aerofotosnimke ($M \approx 1 : 20\ 000$) pridobivene tijekom cikličkog snimanja RH (Lanđek i Kaurić, 1998, N.N. 55/2001) jer iste daju razmjerno velik broj informacija aplikativnih u šumarstvu, te je primarno iz tog razloga smatrano potrebitim odrediti točnost izrađenog modela (Klobučar, 2002).

* Mr. sc. Damir Klobučar, Hrvatske šume d.o.o., Uprava šuma – podružnica Zagreb

CILJ ISTRAŽIVANJA – Research aim

Glavna svrha ovoga rada je odrediti točnost geokodiranja primjerno izrađenog digitalnog ortofota, odnosno neposredno ocijeniti točnost geokodiranja Osnovne državne karte (ODK).

Da bi naznačeni cilj bio ostvaren, prethodno je potrebno:

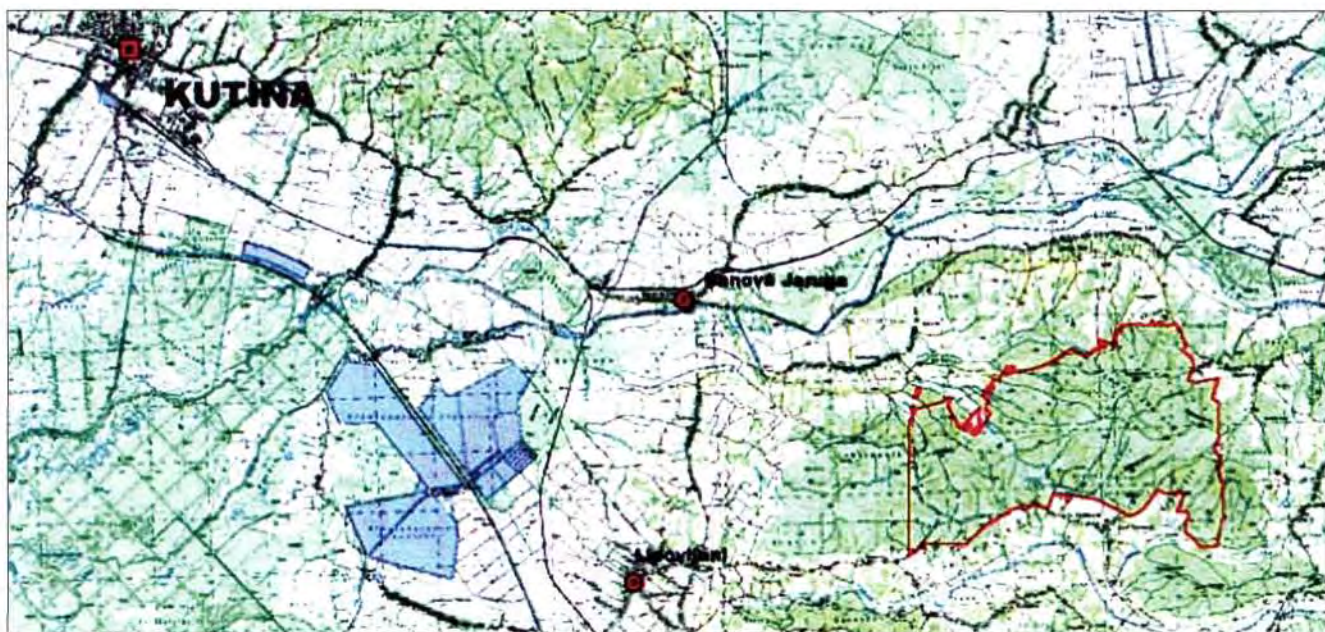
- geokodirati listove ODK,
- izvršiti vektorizaciju slojnica,
- izraditi digitalni model reljefa (DMR),
- izraditi digitalni ortofoto.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA – Research scope

Istraživanje je provedeno na području gospodarske jedinice “Jamaričko brdo”, koja pripada šumariji Lipovljani (slika 1).

Šume ove gospodarske jedinice nalaze se u zapadnoj Posavini ili točnije u Moslavini 5 – 6 km sjeverno od Novske i 6 – 7 km istočno od Lipovljana. Izraženo geo-

grafskim koordinatama to je područje smješteno između $16^{\circ} 40'$ i $17^{\circ} 30'$ istočne dužine, te $45^{\circ} 20'$ i $45^{\circ} 30'$ sjeverne širine. To je prigorski kraj, smješten na obroncima Blatuškog i Novskog brda, koji su posljednji nastavci planine Psunj. Nadmorska visina kreće se od 120 do 225 m.



Slika 1. Gospodarska jedinica “Jamaričko brdo” situacija
Photo 1 Management unit “Jamaričko brdo” situation

METODA RADA – Work method

Priprema podataka za ocjenu točnosti geokodiranja Osnovne državne karte (ODK)

Preparation of data for the assessment of accuracy of geocoding of Basic Map of Croatia (BMC)

Prvo će se analizirati točnost geokodiranja ODK, budući da je ta točnost (kako će se vidjeti) neposredno povezana s točnošću geokodiranja ortofota.

U svrhu ove analize skenirani su listovi ODK (1 : 5 000). To je osam listova, s oznakama Banova Jaruga (B.J.) 24 do 27 i 34 do 37 tj. listovi koji u širem smislu prekrivaju područje g. j. “Jamaričko Brdo”. Ove su datoteke snimljene u tif. formatu.

Objekte analize su izvršene kroz nekoliko softverskih paketa (R2V, ArcView 3.1; ER Mapper 6.1; Excel 7.0).

Geokodiranje ODK je obavljeno u R2V s različitim brojem kontrolnih točaka po listu (od 17 do 20), s tim da su listovi B.J. 24 i B.J. 25 geokodirani sa 24, odnosno 32 kontrolne točke.

Koordinate kontrolnih točaka preuzete (očitanje) su s ODK tj. sa presjecišta linija pravokutne koordinatne mreže, s tim da je najveći broj točaka postavljen u zaglavlju i podnožju, dok je nekoliko (4, 7) točaka postavljeno u sredini, list B.J. 24, odnosno u sredini i na rubnim stranama lista B.J. 25.

Dakle, ovim postupkom (preuzimanjem kontrolnih točaka) izvršeno je preslikavanje prostornih podataka, tzv. transformacija između dva koordinatna sustava (Frančula i dr. 1994, Frančula 1999, Olučić 2001), skenirane ODK kao završnog i njenog analognog izvornika kao početnog koordinatnog sustava.

Naime, matematičkim se modelom u ovisnosti od odabrane transformacije ili programski omogućene(ih), na temelju minimalnog potrebnog broja poznatih točaka u dva koordinatna sustava, definiraju geometrijski odnosi između istih.

Dakako da je postupak analogan i u procesu numeričkog redresiranja prostornih podataka s karte na snimku, s tim da je u ovom slučaju uz X i Y potrebna i Z vrijednost, čime je definirana trodimenzionalnost reljefa (Kušan, 1995).

Navedeno ukazuje na činjenicu da se uzimao veći broj kontrolnih točaka u odnosu na minimalne zahtjeve transformacije (Lapaine i Frančula, 1994) u konkretnom primjeru affine transformacije.

Povećan broj kontrolnih točaka odabran je iz poznatih statističkih zakonitosti. Naime, ako se napravi više mjerenja nego imamo nepoznatih parametara u matematičkom modelu, onda te parametre procjenjujemo statistički na temelju tih mjerenja (statistički oblak). Procjena je stabilnija, što je broj mjerenja veći (Pavlič, 1988).

Napisano potkrepljuje provedeno istraživanje georeferenciranja jednog snimka na 13 načina u dva programska paketa R2V i Arc INFO. Najbolje rezultate georeferenciranja pokazala je općenito metoda triangulacije, i to s većim brojem (8, 12) kontrolnih točaka (Stipetić, 2001).

Priprema podataka za ocjenu točnosti geokodiranja digitalnog ortofota

Preparation of data for the assessment of accuracy of geocoded digital orthophotographies

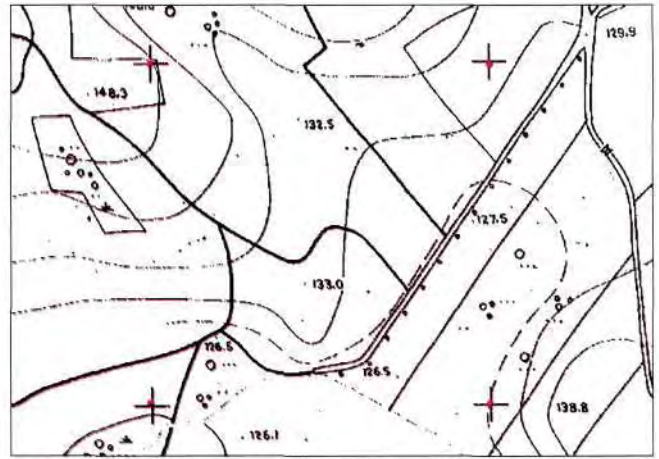
Za izradu digitalnog ortofota (slika 3) potrebna je adekvatna tehnička opremljenost (hardverska i softverska), kao i stručnost osoblja.

Cjelokupna izrada digitalnog ortofota može se podijeliti na:

- geometrijsku korekciju snimaka
- radiometrijsku (tonsku) korekciju (Benko i Biljecki, 1998).

Podrazumijeva se da je u ovom procesu osnovni korak digitalizacija snimke (fotografije) tj. prevođenje iz grafičkog (analognog oblika) originala u digitalni oblik.

Za potrebe izrade DMR i digitalnog ortofota pristupilo se vektorizaciji slojnica. Vektorizacija slojnica izvršena je u programskom paketu R2V, na širem području gospodarske jedinice (slika 4) iz razloga stabilnosti DMR, kao i uspješne izrade digitalnog ortofota. Nakon što su slojnice vektorizirane, dodijeljeni su im brojevi



Slika 2. Kontrolne točke na presjecištima linija pravokutne koordinatne mreže

Photo. 2 Control points on intersections of lines of rectangular coordinate network

U cilju transparentnog prikaza točnosti geokodiranja ODK, na svakom listu (8) je u R2V točkom označeno presjecište linija pravokutne koordinatne mreže (slika 2).

To je po listu 130 točaka, razmještenih na vrhovima pravokutnika (108). Dakle, ukupno je uspoređeno 1040 kontrolnih koordinatnih točaka.

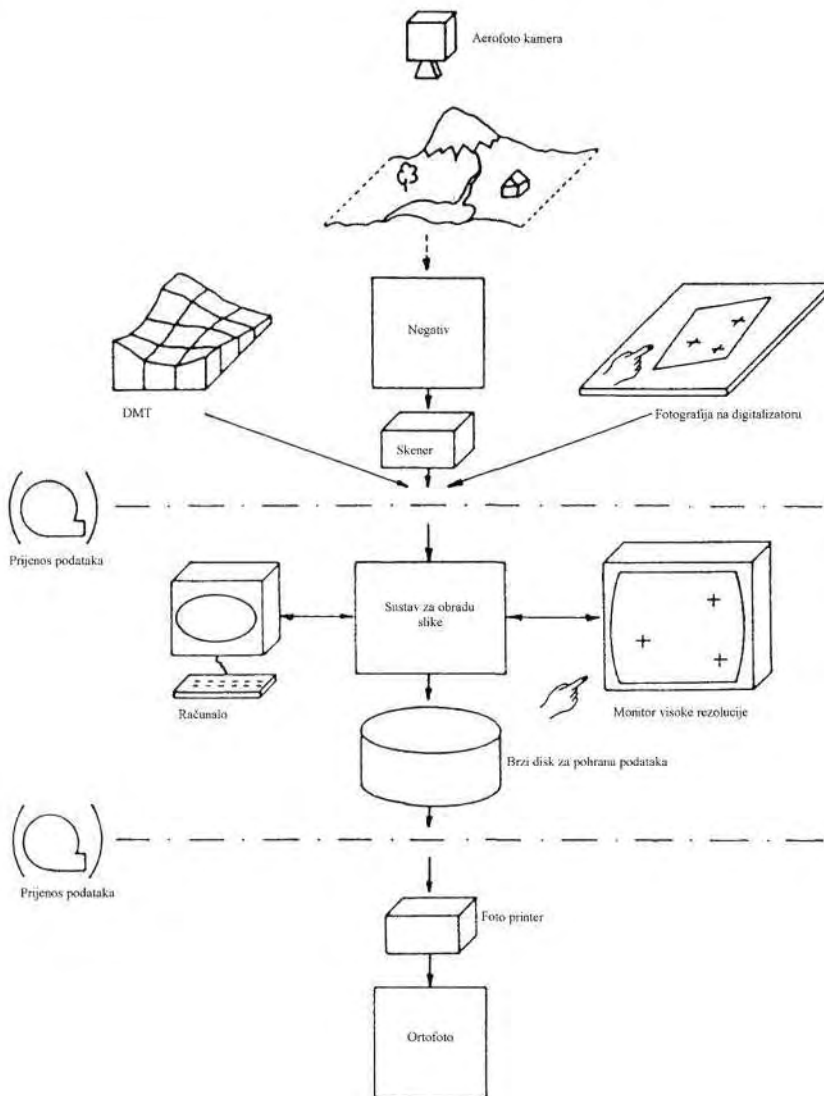
Ovi su sadržaji za svaki list eksportirani tj. snimljeni u *.shp datoteci. Zatim su podignuti u ArcView, te im je dodana ekstenzija Add XY, a programski su formirane tablične koordinatne vrijednosti (X,Y) za svaku točku i kao takve spremljene (eksportirane) u dBase formatu, zbog analize (poredbe) s konkretnim (očitanim) podacima u Excelu.

iznosi visina (ID –tekući identifikatori), dok je postupak pridruživanja nadmorskih visina tj. DMR proveden u DEM file programskog paketa ER Mapper 6.1.

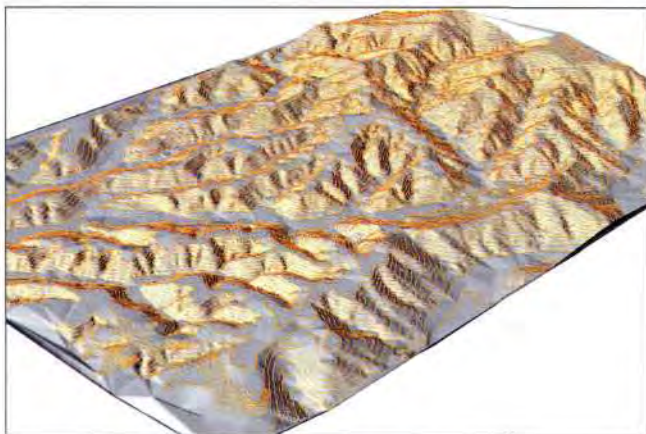
Prije same izrade digitalnog ortofota u programskom paketu ER Mapper 6.1; a u svrhu geokodiranja snimaka koje prekrivaju željeno područje, potrebno je na snimkama pronaći markantne (kontrolne) točke (Olučić, 2001) čije su koordinatne vrijednosti očitane s geokodiranih listova ODK.

U tu su svrhu korišteni snimci br. 061, 063, 065 niza 6/2 i snimci br. 676 i 677 niza 8/1, ukupno 79 kontrolnih točaka.

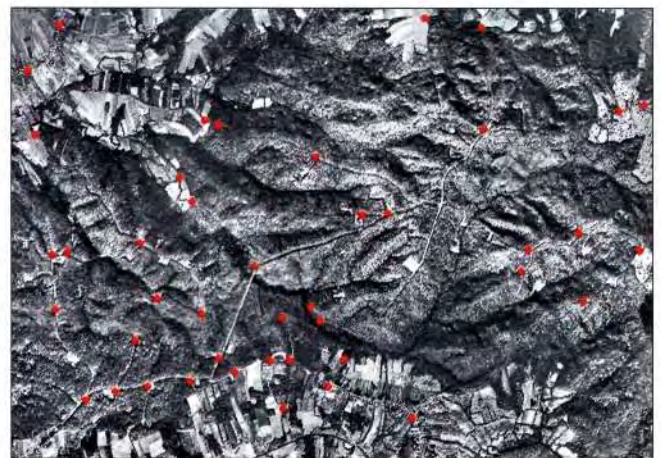
Prethodno, prije samog izbora kontrolnih točaka, potrebno je uspostaviti koordinatni sustav snimke (rubne markice), kao i projekciju u kojoj će se napraviti ortorektifikacija (Gerhard, 1991).



Slika 3. Digitalna izrada ortofota (Gerhard, 1991)
 Photo 3 Digital elaboration of orthophotographies (Gerhard, 1991)



Slika 4. Trodimenzionalni prikaz šireg područja gospodarske jedinice "Jamaričko brdo", izrađen pomoću z crta (slojnica) i sjenčanjem
 Photo 4 Three-dimensional presentation of wider area of management unit "Jamaričko brdo", made by contour lines and shading



Slika 5. Raspored kontrolnih točaka na digitalnom ortofotu
 Photo 5 Arrangement of control points on digital orthophotographies

Nakon ovog postupka, softver izračunava položajnu točnost svake odabrane kontrolne točke. Pogreške položaja mogu biti dosta velike, 5, 10, 20 i više metara. Točke s ekstremnim odstupanjem izbacuju se iz daljnjeg postupka, a preostale se blagim pomicanjem uz pomoć "miša" postavljaju na što točnije mjesto. Postupak se ponavlja dok se ne postigne željena točnost.

Također, softver statistički izračunava srednju kvadratnu pogrešku (RMS), kojom se opisuje razlika pouzdanosti (fiducial points) između upisanih koordinatnih vrijednosti i matematički izračunatih. Ova pogreška mora biti manja od 1 (ER Mapper 6.0, User guide).

Postupak za ocjenu točnosti geokodiranja ortofota dijelom je analogan prethodno opisanom postupku.

Naime, 43 (proizvoljne) kontrolne točke označene su (markirane) na digitalnom ortofotu (slika 5) i prethodno geokodiranim listovima ODK (ArcView), te su koordinatne vrijednosti tih točaka s ova dva sadržaja (theme), eksportirane u Excel zbog utvrđivanja razlikovnih vrijednosti za svaku točku, odnosno utvrđivanja odstupanja koordinata digitalnog ortofota u odnosu na geokodiranu ODK (vidi tab. 2).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA – Research results and discussion

Rezultati geokodiranja ODK – Results of geocoding of BMC

Programski izračunato statističko odstupanje kontrolnih točaka je ispod 0,5 m. Ove točke spremljene su u datoteci s ekstenzijom "...cpt", dok su parametri transformacije spremljeni u datoteci World file/TFW.

U Excelu je izvršena statistička analiza, zasebno za svaki list (tablica 1), odnosno za svaku točku, uspored-

bom softverski izračunate koordinatne vrijednosti i očitane (stvarne) koordinatne vrijednosti s izvornih analognih listova ODK.

Tablica 1. Odstupanja geokodiranih listova (kontrolnih točaka) ODK

Table 1. Deviations of geocoded sheets (control points) of BMC

LIST	MIN ODSUPANJE (abs)		MAX ODSUPANJE (abs)		PROSJEČNO ODSUPANJE	
	X	Y	X	Y	X	Y
24	0,01022	0,00204	1,64069	2,42473	-0,32981	-0,148370
25	0,01163	0,00256	2,29427	2,93773	-0,25963	0,083558
26	0,00274	0,00171	1,06685	1,34122	-0,34674	-0,079690
27	0,00556	0,00650	1,88097	1,68595	-0,26143	0,087641
34	0,01353	0,00865	3,68053	3,02602	-1,64628	-0,020980
35	0,02421	0,00246	2,48425	3,46423	-0,86165	-0,642350
36	0,00993	0,01267	1,59349	2,02952	-0,61574	-0,334950
37	0,00004	0,00202	2,79978	1,68335	0,59657	-0,350970

Iz priložene tablice uočljivo je da ni po jednom geokodiranom listu ODK odstupanje kontrolnih točaka (1040) ne prelazi 5,00 m, s tim da je maksimalno odstupanje po X koordinati 3,68 m (list 34), odnosno po Y koordinati 3,46 m (list 35).

Konkretno u mjerilu 1: 10 000 predočena odstupanja su ispod 0,5 mm.

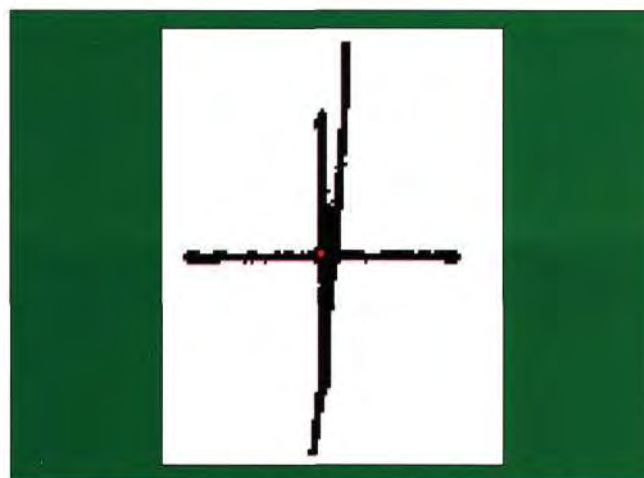
Sva prosječna odstupanja, izuzev X koordinate (-1,65 m) na listu 34 su ispod 1,0 m u pozitivnom ili negativnom smislu.

Dakle, ovi rezultati geokodiranja u potpunosti zadovoljavaju sve potrebe za daljnjim rukovanjem s listovima ODK.

Uspjeh (točnosti) geokodiranja ovisio je o nekoliko elemenata:

- izvornoj kvaliteti skeniranih listova ODK (razna oštećenja osobito u kutovima listova, te ako presjecišta nisu egzaktno registrirana tj. vidljiva i sl.),
- kvaliteti skeniranja (preciznost skeniranih karata ovisi o rezoluciji skenera, te veličini i kvaliteti piksela; točnost je veća ako je rezolucija veća, te ukoliko je piksel kvadratičnog oblika, a ne pravokutnog),
- blizini (količini) oznaka (slova, brojeva, slojnice i dr.), koje su ponekad u manjoj ili većoj mjeri prekrivala sama sjecišta koordinatne mreže (slika 6),

- psihofizičkim sposobnostima (operatora),
- znanju operatora (primarno kod skeniranja i postavljanja koordinatnih točaka),
- komponentama računala (grafičkoj kartici, veličini monitora i dr.),
- postavljenom broju kontrolnih točaka,
- izboru transformacije.



Slika 6. Presjecišta linija pravokutne koordinatne mreže prekriveno slojnicom

Photo 6 Intersection of lines of rectangular co-ordinate network covered by contour line

Rezultati geokodiranja digitalnog ortofota Results of geocoding of digital orthophotographies

Točnost geokodiranja digitalnog ortofota na izravan ili neizravan način ovisi o svim elementima koji su

utjecali na uspješnost geokodiranja listova ODK, s tim da se ovdje mogu pridodati još dva elementa: veličina

Nešto veća odstupanja su kod svega nekoliko kontrolnih točaka (7, 20, 21, 22, 23, 31) i to u maksimalnoj vrijednosti od – 25, 85 m (31) po X koordinati i –38,45 m (23) po Y koordinati.

Do ovih je odstupanja došlo iz razloga što se ove kontrolne točke nalaze u donjem dijelu ortofota (niz 8/1), a to su snimci br. 676 i 677 i to u neposrednoj blizini preklapanja sa susjednim nizom (6/2) snimaka, pa se može zaključiti da postoji programska nesavršenost u spajanju (preklapanju) dvaju susjednih snimaka.

Također, treba napomenuti da ova dva snimka nije bilo moguće geokodirati na njihovoj cijeloj površini (sceni), budući da nisu bili na raspolaganju listovi ODK-e (niti bilo koje druge informacije o X, Y, Z vrijednostima pojedine kontrolne točke) koji bi u potpunosti prekrivali ove dvije scene, te je to dodatni razlog manje točnosti ortofota u dijelu na kojem su uspostavljene navedene kontrolne točke.

Sa stajališta šumarske operative, potrebno je još jednom naglasiti da su u cjelini ovo minimalna odstupanja, i da se ta odstupanja odnose na točku tj. objekt koji nema dimenziju, dok se svi ostali objekti, bilo linijski ili ploštinski, gotovo u potpunosti preklapaju sa svojim projekcijama na geokodiranju ODK (slika 7).



Slika 7. Spajanje (preklapanje) detalja na ODK i digitalnom ortofotu

Photo 7 Merging (overlapping) of details on BCM) and digital orthophotographies

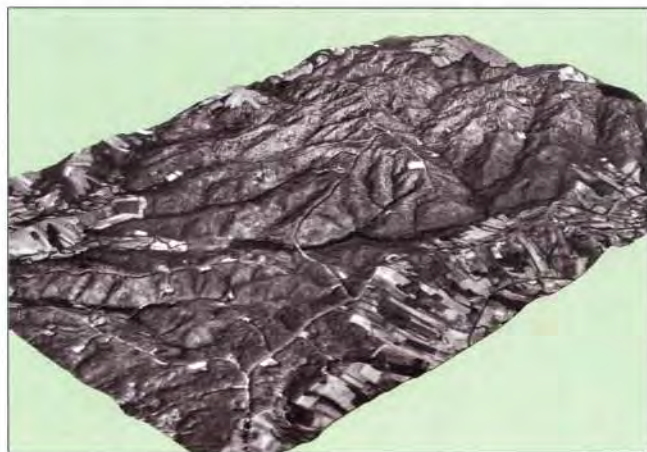
Dakle, za izradu digitalnog ortofota, kao krajnjeg produkta ovog rada, potrebno je raspolagati kontakt kopijama i izraditi DMR. Same kontakt kopije izuzetno su jeftine, te po jednom komadu trošak iznosi 75,00 kn. Nadalje, ove se snimke mogu analizirati i pojedinačno, ali se može formirati fotoasamblaj ili foto-mozaik, te se uz okularno promatranje uz pomoć povećala uočavaju svi sadržaji kao i na digitalnom ortofotu. Bitno je istaći da ove snimke nisu redresirane, tj. nisu prevedene u ortogonalnu projekciju i željeno mjerilo. No, njihovo najznačajnije svojstvo je da dva susjedna

snimka jednog niza sa 60% prijklopom (stereopar) nekog područja omogućavaju, uz pomoć stereoskopskog efekta, trodimenzionalno promatranje.

Također, treba napomenuti da se prilikom izrade digitalnog ortofota ne moraju koristiti susjedni snimci sa 60 % prijklopom nekog područja, budući da npr. 1. i 3. snimak imaju još uvijek oko 20 % istog sadržaja (prethodno je korišteno u izradi primjernog digitalnog ortofota).

Dakle, može se reći da se ovim postupkom dijelom i radiometrijski korigira ortofoto (čime se ostvaruje bolja kvaliteta i primjenljivost ortofota) jer je softverski omogućena izrada algoritma, kojim je data opcija da kvalitetniji snimci preklapaju zajedničke dijelove manje kvalitetnih snimaka.

Nadalje, DMR (kao što je i navedeno) je neophodan da bi se izradio digitalni ortofoto, no to nije jedina njegova funkcija već isti može poslužiti u: kartografiji, projektiranju cesta, planiranju otvorenosti šuma, izgradnji retencija, ekologiji (izračunavanju pojedinih stanišnih značajki, kao što su nagib terena, izloženost, insolacija i dr.), u lovstvu i zaštiti od požara (za izrađivanje doglednih mjesta za izradu osmatračnica i sl.).



Slika 8. Perspektivni prikaz izrađenog ortofota prevučen preko DMR

Photo 8 View of digital orthophotographies pulled over DTM

I na kraju, sam digitalni ortofoto ima svoje prednosti budući je redresiran, te je čitava situacija svedena na željeno mjerilo i na vrlo se jednostavan način u odgovarajućem programskom okruženju može rukovati s površinama. Dakle, digitalni ortofoto krajnje koncizno i jasno daje prostorni raspored objekata, odnosno sadržaja u prostoru. Ovu je činjenicu bitno naglasiti i usvojiti, jer je prema provedenom istraživanju (Pilaš, 1993) ustanovljeno da na ODK mogu biti kartirane znatno manje šumske površine (do 15,5%) u odnosu na površinu šume dobivenu fotointerpretacijom na aersnimku, prilikom čega se pridržavalo pravila šumarskih znanosti.

ZAKLJUČCI – Conclusions

1. Odstupanja osam geokodiranih listova ODK, odnosno 1040 kontrolnih točaka nalaze se ispod 5,00 m u odnosu na ekvivalentne im vrijednosti analognih izvornika. Izračunato maksimalno odstupanje po X koordinati je 3,68 m na listu 34, odnosno po Y koordinati 3,46 m na listu 35, dok su sva prosječna odstupanja izuzev X koordinate (-1,65 m) na listu 34 ispod 1,0 m u pozitivnom ili negativnom smislu.
2. Danas su zadovoljene sve pretpostavke za izradu digitalnog ortofota, jer za to postoje adekvatno osposobljeni stručnjaci i odgovarajuća tehnologija.
3. U ocjeni točnosti geokodiranja digitalnog ortofota korištene su 43 kontrolne točke. Kod većine kontrolnih točaka izračunata odstupanja po X i Y koordinati su ispod 5,00 m u pozitivnom ili negativnom smislu, s tim da je prosječno odstupanje po X koordinati -2,21 m, odnosno po Y koordinati -4,34 m. Značajnija odstupanja izračunata su kod 6 kontrolnih točaka u maksimalnoj vrijednosti od -25,85 m po X koordinati (kontrolna točka 31), odnosno -38,45 m po Y koordinati (kontrolna točka 23).
4. Točnost geokodiranja izrađenog digitalnog ortofota zadovoljavajuća je za primjenu u šumarstvu RH.
5. Sa gledišta prikazanih rezultata istraživanja, kao i čitavog niza drugih mogućnosti aplikacije digitalnog ortofota, preporučuje se izrada ortofota prilikom izrade svake gospodarske osnove (redovne revizije), ali po mogućnosti sa snimkama krupnijeg mjerila, s tim da se kontrolnim točkama prekriju cijele snimke, čime bi se umanjile uočene pogreške.

LITERATURA – References

- Benko, M., Z. Biljecki, 1998.: An orthophotographic map in the forestry of Croatia – yes or no? Zbornik radova sto godina fotogrametrije u Hrvatskoj. HAZU: 255–266, Zagreb.
- Frančula, N., M. Lapaine, N. Vučetić, 1994.: Primjena daljinskih istraživanja u kartografiji. Geodetski list 3: 265–276, Zagreb.
- Frančula, N., 1999.: Digitalna kartografija (2. prošireno izdanje). Geodetski fakultet, 195 pp, Zagreb.
- Gerhard, A., 1991.: Digital Orthoprojection: Scanning Handling and Processing of Aerial Images. Digital Photogrammetric systems- Wichmann: 177–187.
- Kalafadžić, Z., 1995.: Geodezija i kartografija u hrvatskom šumarstvu. Meh. šumar. Vol. 20. br. 2: 65–66, Zagreb.
- Klobučar, D., 2002.: Mogućnost primjene aerofotogrametrije iz cikličkog snimanja Republike Hrvatske u uređivanju šuma. Magistarski rad, 176 pp, Zagreb.
- Kušan, V., 1995.: Digitalni model reljefa i njegova primjena. Meh. šumar. Vol. 20. br. 2: 77–84, Zagreb.
- Landek, J., D. Kaurić, 1998.: Ciklička aerofotogrametrijska snimanja u Republici Hrvatskoj. Zbornik radova sto godina fotogrametrije u Hrvatskoj. HAZU: 249–254, Zagreb.
- Lapaine, M., N. Frančula, 1994.: Osvrt na afinu transformaciju. Geodetski list 2: 159–168, Zagreb.
- Oluić, M., 2001.: Snimanje i istraživanje Zemlje iz Svemira. HAZU i Geosat, 516 pp, Zagreb.
- Pavlić, I., 1988.: Statistička teorija i primjena. Tehnička knjiga, 343 pp, Zagreb.
- Pilaš, I., 1993.: Usporedba šumskih površina na osnovnoj državnoj karti (ODK) i aerosnimku. Meh. šumar., 18 (2): 73–75, Zagreb.
- Stipetić, M., 2001.: Izrada ortofotoa i ocjena njegove točnosti. Diplomski rad, 35 pp, Zagreb.
- ER Mapper 6.0, User guide
- Narodne novine., 2001.: Pravilnik o načinu topografske izmjene i o izradbi državnih zemljovida. Broj 55.

SUMMARY: This paper presents basic determinants applied in the elaboration of digital orthophotographies through the usage of corresponding program packages. Digital orthophotography was made on the basis of black and white aerial photographs ($M \approx 1:20\ 000$), obtained during cyclic surveying of the Republic of Croatia.

Given the fact that these aerial photographs can be obtained on the market for a favourable price and they can be a source of relatively great number of information relevant for forestry, primary aim of this paper was to assess the accuracy of geocoding of digital orthophotographies, i.e. of Basic Map of Croatia (BMC).

Deviations of eight geocoded BMC sheets, i.e. 1040 control points are 5,00 m below in relation to equivalent amounts of analogous originals. Calculated maximum deviation on the X co-ordinate is 3,68 on sheet 34 and 3,46 on Y co-ordinate on sheet 35, while all the average deviations except for X co-ordinate (-1,65m) on sheet 34 are lower than 1,0 m in positive or negative sense.

The accuracy of geocoding of digital orthophotographies was carried out by means of 43 control points. The deviations on X and Y co-ordinates for the majority of control points are lower than 5,00 m in positive and negative sense, with average deviation on X co-ordinate -2,21 m and -4,34 on Y co-ordinate. Significant deviations were found for 6 control points in maximal amount of -25,85 m on X co-ordinate (control point 31) and -38,45 m on Y co-ordinate (control point 23).

The accuracy of geocoding of digital orthophotographies is also satisfactory for application in the forestry of the Republic of Croatia because we are dealing with relatively minor deviations which refer to one point, i.e. object which has no dimensions, while all other objects almost entirely overlap with their projections on geocoded BMC either linearly or mono-dimensionally.

Based on the aspects of presented research results, as well as a whole other sequence of other application options of digital orthophotographies, it is our recommendation, to elaborate a digital orthophotography whenever management plans are made (regular revisions), providing, if possible, that the aerial photos be made in a bigger scale and the control points cover entire photos, which would diminish observed mistakes.

Key words: digital orthophotographies, Basic Map of Croatia (BMC), geocoding, cyclic aerial surveys, digital terrain models (DTM).