

PRIMJENA GIS-a PRI IZLUČIVANJU SASTOJINA PREMA DENDROMETRIJSKIM PARAMETRIMA*

APPLICATION OF GIS IN STAND EXTRACTION ACCORDING TO DENDROMETRIC PARAMETERS

Dalibor ŠTORGА**

SAŽETAK: U radu su prikazane mogućnosti primjene GIS-a pri izlučivanju sastojina prema dendrometrijskim parametrima (broj stabala-N, temeljnica-G, srednje plošno stablo – ds, starost, % učešće vrsta). Na taj način može se skratiti terenski rad, poboljšati preciznost i točnost mjerjenja. Terenski rad je obavljen u jednodobnim hrastovim sastojinama gospodarske jedinice "Repaš–Gabajeva Greda" (odjeli 26–46) u šumariji Repaš, Uprava šuma Podružnica Koprivnica. U odjelima, odnosno odsjecima, uspostavljen je sistematski uzorak mreže kvadrata 100 x 100 m, čija središta predstavljaju središta ploha (krugova), na kojima je mjerjen prsnji promjer stabla. Uкупno je na istraživanom području postavljeno 1025 krugova i izmjerena prsnji promjer na 37619 stabala.

Nakon terenske izmjere, snimljeni podaci unešeni su u bazu podataka formirano tako da se mogu koristiti za obradu varijabli uz primjenu softvera Microsoft Windows EXCEL i Statistica 6.0. Za izradu grafičkog dijela GIS modela digitalizirane su postojeće karte:

- topografska karta (1 : 5000),
- katastarski planovi (1 : 2880 i 1 : 2000),
- gospodarska karta (1 : 10000).

U statističkoj obradi podataka korištena je klasterska analiza (metoda K-means), čiji su rezultati baza za GIS modeliranje s ciljem izlučenja sastojina.

Rezultati istraživanja mogućnosti primjene GIS-a pri izlučivanju sastojina prema dendrometrijskim parametrima ukazuju na potrebu primjene GIS-a i statistike u šumarstvu.

Ključne riječi: izmjera šuma, izlučivanje sastojina, GIS, klasterska analiza

UVOD – Introduction

Suvremenim pristup kartografiji podrazumjeva primjenu kompjuterske tehnologije u kartografiji. Primjena kompjuterske tehnologije u kartografiji usko je povezana s izumom digitalizatora i plotera početkom

60-ih godina. Digitalizator je nužan da se sadržaj karte iz grafičkog oblika pretvori u digitalan, a ploter da se iz digitalnog oblika ponovo prijeđe u grafički oblik. Ploterom se automatizira crtanje (Francula, 1994).

Digitalizacija karata je najčešći način dobivanja geografskih objekata u digitalnom (koordinatnom) obliku (Pernar, 1996).

Razvojem računala, sredinom 80-tih godina, GIS tehnologija počinje osvajati sve veći broj stručnjaka

* Magistarski rad obranjen 7. 11. 2003. godine na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pred Povjerenstvom u sastavu izv. prof. dr. sc. Nikola Lukić, doc. dr. sc. Renata Pernar i dr. sc. Miroslav Benko.

** Mr. sc. Dalibor Štorga, Hrvatske šume d.o.o., Uprava šuma Podružnica Koprivnica

koji se u svakodnevnom radu bave prostorom i prirodnim bogatstvima, da bi početkom 90-tih postala nezabilazno pomagalo pri donošenju odluka za upravljanje prostorom, korištenjem prirodnih bogatstava i unapređenjem gospodarskih strategija (Kušan i dr., 1993).

Primjena GIS-a u praksi, u uređivanju šuma, novijeg je datuma, a služi za planiranje šumskog gospodarenja i prostorni prikaz podataka.

Same definicije uređivanja šuma nekih autora ukazuju na potrebu primjene GIS-a za planiranje gospodarenja i prostorni prikaz podataka. Još 1942. godine Baader navodi da je uređivanje šuma, trajno vođenje i planiranje šumskog gospodarenja, a Jordan i Erdle, 1989. godine, da uređivanje šuma zahtijeva podatke koji popisuju šumu u dinamičnom obliku, u smislu njihova stanja i prostorne određenosti.

CILJ ISTRAŽIVANJA – Research aim

Glavni cilj istraživanja u ovom radu je ispitivanje mogućnosti primjene GIS-a pri izlučivanju sastojina prema dendrometrijskim parametrima (N , G , d_s , starost, % učešće vrsta), a samim time i pronalaženje te testiranje načina i tehnike prikupljanja, uređivanja i rukovanja podacima, kako bi se na taj način skratio terenski rad, poboljšala preciznost i točnost mjerjenja, šire informacije i popularizirao GIS u praksi te pobudilo razmišljanje i razvoj ideja i praktičnih rješenja u uređivanju šuma.

Da bi postavljeni cilj istraživanja bio ostvaren, bilo je potrebno:

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA – Research area

Područje istraživanja bila je gospodarska jedinica „Repaš – Gabajeva Greda“, Uprava šuma Podružnica Koprivnica. Površina gospodarske jedinice iznosi 4201,70 ha, od toga je 3640,88 ha obrasle površine.

Cijela gospodarska jedinica „Repaš – Gabajeva Greda“ nalazi se unutar granica Koprivničko-križevačke županije, a obuhvaćena je općinama Gola, Hlebine, Molve i Novo Virje. Gospodarsku jedinicu čine tri odvojene šumske cjeline između $46^{\circ} 7'$ i $46^{\circ} 12'$ sjeverne širine i $14^{\circ} 39'$ i $14^{\circ} 51'$ istočne dužine. Nadmorska visina kreće se oko 115 m.

METODE RADA – Work methods

Ustavljanje mreže i oblika primjernih ploha

Establishing net and shapes of sample plots

Na području istraživanja postavljen je sistematski uzorak mreže kvadrata, razmaka 100 x 100 m, u smjeru Istok – Zapad i Sjever – Jug.

Mreža kvadrata (odjeli 26–46) postavljena je u

U šumarstvu se u okviru GIS-a nalaze geokodirane kartografske podloge i relacijske baze podataka te algoritmi koji služe za upravljanje podacima (Kalačić i Kušan 1991).

Ispravno (lokacijski-prostorno, veličinom) kartirana površina odjela i pripadajućih mu odsjeka dobiva ogromnu važnost u sferi korištenja različitih tematskih cjelina (karata), odnosno mogućnosti korektnog izračunavanja drvnih masa, prirasta, propisivanja etata i uzgojnih radova, a s tim i povezanih mogućnosti materijalno-finansijskih kalkulacija (Klobučar 2002).

Unutar takvog sustava u svakom trenutku brzo su nam dostupne bilo kakve tematske karte, dok se tradicionalnim terenskim postupkom do karte teško dolazi, treba puno truda i finansijskih sredstava, a nakon izrade teško ju se mijenja.

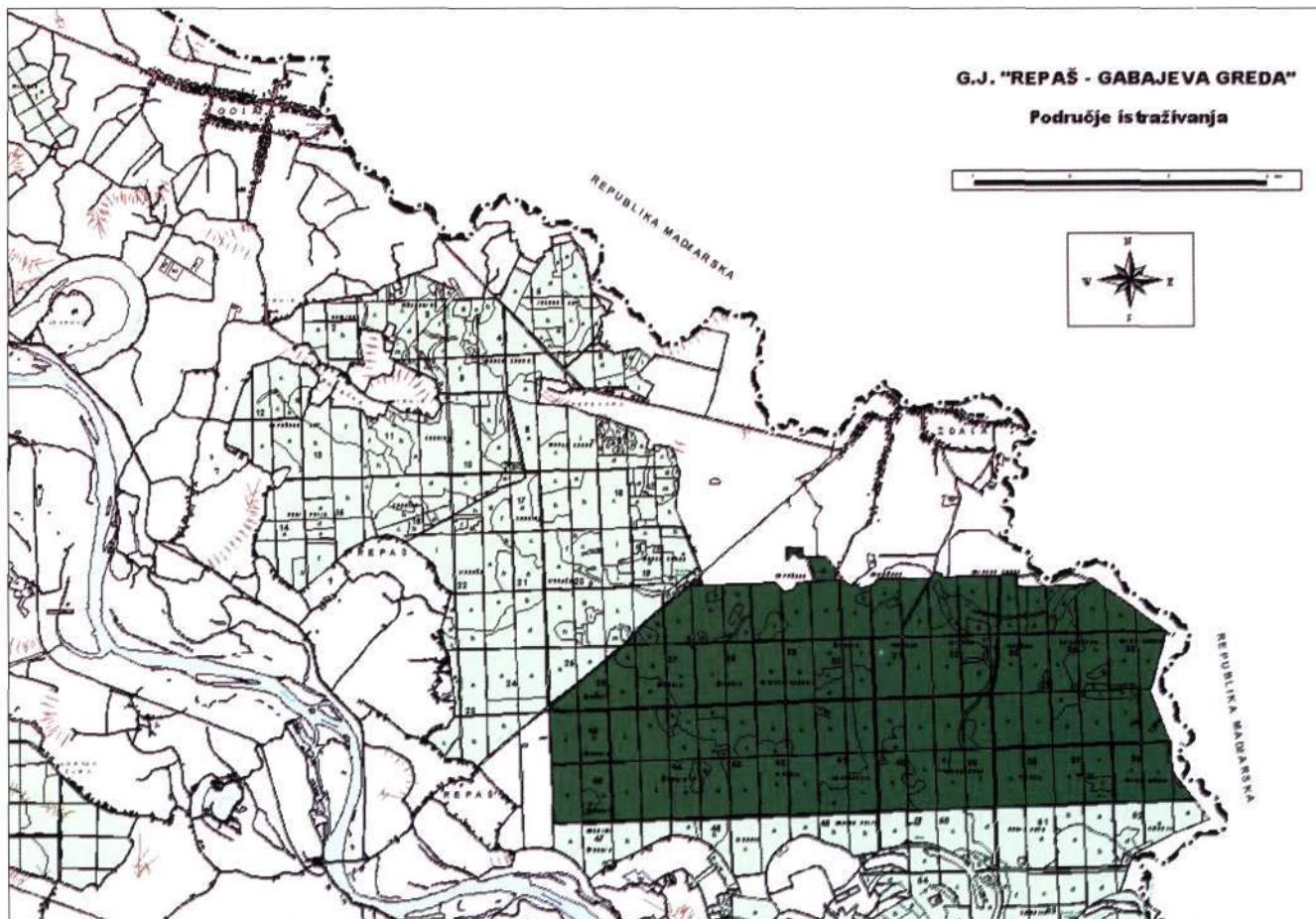
CILJ ISTRAŽIVANJA – Research aim

- na terenu postaviti sistematski uzorak mreže kvadrata 100 x 100 m,
- izvršiti izmjera na primjernim plohama,
- obraditi terenske podatke,
- digitalizirane granice odjela i odsjeka proporcionalnom transformacijom prevesti u kartografski oblik i uklopiti u HOK 1 : 5000, te tako pripremljene podatke s podacima izmjere organizirati u GIS model,
- izvršiti statističku obradu podataka (klasterska analiza),
- izraditi kartografske slojeve u GIS-u na temelju rezultata klasterske analize.

Istraživanjem su obuhvaćeni odjeli 26–46 (slika 1), ukupne površine 1092,15 ha.

Šume gospodarske jedinice „Repaš – Gabajeva Greda“ prema namjeni su najvećim dijelom gospodarske, a prema uzgojnem obliku regularne, pa je i cilj i način gospodarenja po uređajnim razredima sukladan tomu. Šumu s posebnom namjenom čini sjemenska sastojina hrasta lužnjaka, koja je izdvojena u poseban uređajni razred bez propisane ophodnje.

svim odsjecima osim u odsjecima u kojima je izvršena totalna klupaža (manji odsjeci, odsjeci u oplodnoj sjeci), čistinama i u I. dobnom razredu.



Slika 1. Područje istraživanja

Figure 1 Research area

Nakon toga pristupilo se određivanju izgleda i veličine jedinice uzorka, odnosno primjerne površine. Kako se radi o ravničarskom terenu, odlučeno je da ploha bude krug zbog toga što je krug zadan samo sa središtem i radijusom te ga je na terenu lakše iskolčiti nego neki drugi geometrijski lik. Osim toga, krug je geometrijski lik koji za određenu zatvorenu površinu ima najmanji opseg, odnosno najmanju vjerojatnost da se pojave granična (rubna) stabla koja nam značajno djeluju na kvalitetu izmjere. Ujedno ga je kao jedinicu uzorka kod obrade lakše simulirati, odnosno izračunati rezultate za različite veličine radijusa kruga.

Polumjer (odnosno površina) primjernog kruga određen je na temelju Pravilnika o uređivanju šuma

(N.N. 11/97) čl. 16. Većina ploha nalazi se u sastojinama starosti od 90–120 godina. Galić (2002), u svom magistarskom radu, navodi da se zadovoljavajuća preciznost procjene struktturnih elemenata postiže sa kružnim primjernim površinama polumjera $r = 15$ m.

Nakon iskolčavanja središta krugova, odnosno primjernih ploha i određivanja njihovog broja (oznake), na svakoj plohi izmjerena je prsti promjer stabla. Prsti promjer je mjerena pomoću zaokružbene promjerke sa širinom debljinskih stupnjeva od 5 cm, te je na 1025 ploha izmjereno ukupno 37 619 stabala.

Obrada terenskih podataka – *Ground data processing*

Nakon terenske izmjere snimljeni podaci unešeni su u bazu podataka formiranu tako da se mogu koristiti za obradu varijabli uz primjenu softvera *Microsoft Windows EXCEL* i *Statistica 6.0*.

Prilikom obrade podataka formirani su podaci za 4 vrste drveća: hrast lužnjak, poljski jasen, obični grab + OTB i OMB. Podaci su formirani prema zastupljenosti

na objektu istraživanja. Najviše ima hrasta lužnjaka, poljskog jasena i običnog graba. Ostala tvrda bjelogorica (klen, voćkarice i dr.) nalazi se u podstojnoj etaži kao i obični grab, a i sličnog su uzrasta, pa su stavljeni zajedno s grabom. U ostaloj mekoj bjelogorici (OMB) prevladavaju crna joha, topole i vrbe.

Starost plohe uzeta je iz starosti odsjeka. **Starost (god)** stabla određuje se na osnovi promjena taksacijske veličine (prsnog promjera, visine) s obzirom na vrijeme (Pranjić i Mihajlović, 1987). Posebno je to uočljivo pri rastu stabala u debljinu.

Broj stabala (N) po debljinskim stupnjevima predstavlja distribuciju prsnih promjera sastojine. Na osnovi distribucije prsnih promjera, određuje se distribucija temeljnica, volumena i prirasta po debljinskim stupnjevima.

Temeljnica je određena za svaku vrstu posebno. **Temeljnica (G)** stabla je površina presjeka stabla u prsnoj visini (u 1,30 m od tla), a temeljnica sastojine je su-

ma površina presjeka svih stabala sastojine. Temeljnica sastojine uvijek se izražava u m²/ha (Pranjić i Lukić, 1997).

Srednje plošno stablo (d) dobiveno je dijeljenjem temeljnice sastojine s brojem stabala u sastojini, odnosno, dijeljenjem temeljnice po hektaru s brojem stabala po hektaru.

Postotno učešće vrsta (%) dobiveno je odnosom ukupne temeljnice pojedine vrste i ukupne temeljnice na plohi.

U tablici 1. prikazan je dio izračunatih podataka na temelju terenske izmjere.

Tablica 1. Obrađeni podaci na istraživanom području (izvadak)

Table 1 Processed data on the area of research (extract)

Broj plohe	St. god	Hrast lužnjak				Obični grab i OTB				Poljski jasen				OMB				UKUPNO			
		N/ha	G/ha	%	ds	N/ha	G/ha	%	ds	N/ha	G/ha	%	ds	N/ha	G/ha	%	ds	N/ha	G/ha	ds	
1	95	138	19,47	66,5	42,5	128	9,82	33,5	31,3	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	265	29,29	37,5	
2	95	128	21,12	59,8	45,9	206	7,04	19,9	20,9	39	7,16	20,3	48,2	0	0,00	0,0	0,0	373	35,33	34,7	
3	95	128	15,92	63,9	39,8	157	7,56	30,3	24,7	39	1,45	5,8	21,7	0	0,00	0,0	0,0	324	24,92	31,3	
4	95	187	33,04	85,4	47,5	246	5,64	14,6	17,1	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	432	38,67	33,8	
5	95	147	25,34	68,4	46,8	157	11,73	31,6	30,8	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	305	37,07	39,4	
6	24	0	0,00	0,0	0,0	299	4,25	100,0	13,5	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	299	4,25	13,5	
7	24	0	0,00	0,0	0,0	398	6,06	100,0	13,9	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	398	6,06	13,9	
8	24	50	0,61	25,3	12,5	100	1,81	74,7	15,2	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	149	2,42	14,4	
9	24	0	0,00	0,0	0,0	348	5,45	89,9	14,1	50	0,61	10,1	12,5	0	0,00	0,0	0,0	398	6,06	13,9	
10	24	0	0,00	0,0	0,0	299	5,42	73,3	15,2	50	1,98	26,7	22,5	0	0,00	0,0	0,0	348	7,40	16,4	
11	24	0	0,00	0,0	0,0	299	6,59	84,6	16,8	50	1,20	15,4	17,5	0	0,00	0,0	0,0	348	7,79	16,9	
12	24	0	0,00	0,0	0,0	498	9,62	100,0	15,7	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	498	9,62	15,7	
13	90	280	40,98	91,6	43,2	100	3,74	8,4	21,8	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	380	44,72	38,7	
14	90	180	37,08	82,8	51,2	140	7,69	17,2	26,4	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	320	44,77	42,2	
15	90	160	27,88	71,0	47,1	140	11,38	29,0	32,2	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	300	39,26	40,8	
16	90	80	16,85	53,1	51,8	180	14,85	46,9	32,4	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	260	31,70	39,4	
17	90	140	19,78	66,8	42,4	180	9,83	33,2	26,4	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	320	29,61	34,3	
18	90	140	20,17	72,9	42,8	200	7,48	27,1	21,8	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	340	27,66	32,2	
19	90	20	1,19	4,1	27,5	340	27,73	95,9	32,2	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	360	28,92	32,0	
20	90	140	22,61	97,9	45,3	40	0,49	2,1	12,5	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	180	23,10	40,4	
21	90	180	27,42	80,3	44,0	140	6,74	19,7	24,8	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	320	34,16	36,9	
22	90	20	5,19	21,0	57,5	240	19,52	79,0	32,2	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	260	24,71	34,8	
23	90	160	18,77	71,9	38,6	60	7,33	28,1	39,4	0	0,00	0,0	0,0	0	0,00	0,0	0,0	220	26,10	38,9	

Digitalizacija karata – Maps digitalization

Za izradu grafičkog dijela GIS modela digitalizirane su postojeće karte:

- topografska karta (1 : 5000),
- katastarski planovi (1 : 2880 i 1 : 2000),
- gospodarska karta (1 : 10000).

Digitalizirane granice odjela i odsjeka proporcionalnom su transformacijom prevedene u kartografski oblik i uklopljene u HOK 1 : 5000. Tako pripremljeni podaci su s podacima izmjere organizirani u GIS model.

Statistička obrada podataka – Statistical data processing

U statističkoj obradi podataka korištena je klasterška analiza. Klasterska analiza je skupina multivarijatnih tehnika, čiji je primarni cilj klasificiranje opažanja

(objekata) u skupine ili klastere. Svaki objekt karakteriziran je određenim brojem varijabli, tj. svojstava koji opisuju taj objekt.

U radu su korištene hijerarhijske klaster metode gdje se klasteri formiraju po hijerarhiji, tako da je u svakoj sljedećoj razini broj klastera manji za jedan. Rezultati hijerarhijske klaster analize prikazuju se dendogramima. Korištene su aglomerativne metode koje su najčešće klasterske metode u biologiji, i to:

1. Complete linkage (*Farthest neighbour*) metoda – temelji se na udaljenosti između dva najdalja objekta.
2. K – means clustering – ovom metodom stvaraju se skupine koje će biti različite što je najviše moguće. Svrstavanje se radi na temelju k-srednjih vrijednosti.

Na temelju podataka izmjere ušlo se u klastersku analizu s 1025 slučajeva (ploha) i 20 varijabli. Kao metoda klasterske analize uzeta je K-means analiza za 5,

10 i 15 klastera. Klasterska analiza provedena je s obzirom na 20 varijabli koje su vezane za svaku plohu.

Varijable su sljedeće:

- starost
- broj stabala: hrasta (hrast N), graba (grab N), jasena (jasen N) i OMB (OMB N)
- temeljnica: hrasta (hrast G), graba (grab G), jasena (jasen G) i OMB (OMB G)
- postotak učešća: hrasta (hrast %), graba (grab %), jasena (jasen %) i OMB (OMB %)
- srednje plošno stablo: hrasta (hrast d_s), graba (grab d_s), jasena (jasen d_s) i OMB (OMB d_s)
- ukupni broj stabala na plohi, srednje plošno stablo na plohi i ukupna temeljnica na plohi.

Izrada kartografskih slojeva u GIS-u na temelju rezultata klasterske analize

Making cartographic layers in GIS based on cluster analysis results

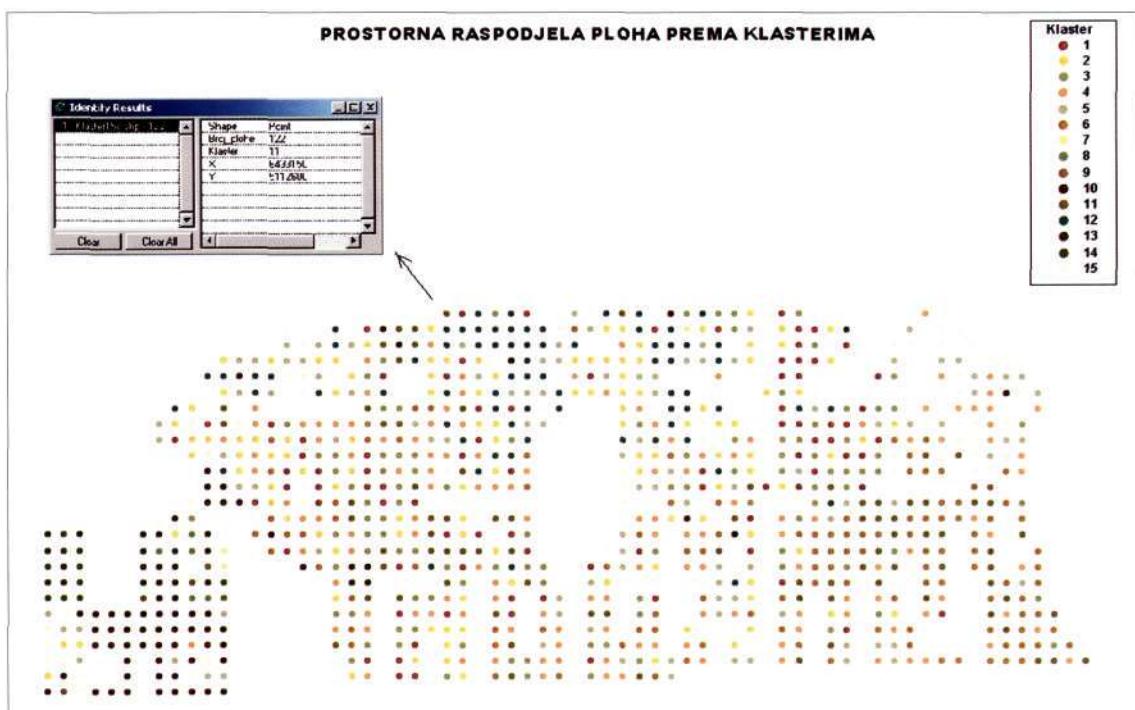
Rezultati koji su dobiveni provedenom klasterskom analizom bili su baza za GIS modeliranje s ciljem izlučivanja sastojina.

U ArcView-u napravljen je sloj na temelju koordinata koje su određene na terenu, a koje predstavljaju središte plohe. Postojećoj tablici s x i y koordinatama (tablica 2) dodana je tablica u kojoj se vidi pripadnost svake plohe određenom klasteru. Na taj način je dobi ven drugi sloj u kojemu je prikazana prostorna raspodjela ploha prema klasterima (slika 2).

Tablica 2. Plohe po klasterima i njihove koordinate (izvadak)

Table 2 Areas according to clusters and their coordinates (extract)

BROJ_PLOHE	KLASTER	X	Y
1	12	6431450	51112000
2	2	6431450	5111900
3	5	6431350	5111900
4	1	6431450	5111800
5	5	6431350	5111800
6	10	6431650	5111600
7	10	6431650	5111500
8	15	6431550	5111400
9	10	6431650	5111400
10	10	6431750	5111400



Slika 2. Prostorna raspodjela ploha prema klasterima
Figure 2 Spatial distribution of areas according to clusters

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA – Research results and discussion

Rezultati klasterske analize – Cluster analysis results

Na temelju 20 varijabli i 1025 izmjerena ploha, kao rezultat klasterske analize dobili smo 5, 10 i 15 klastera (grupa ploha) svrstanih po nekim određenim karakteristikama.

Klasterska analiza je zbog velikog broja metoda više nego jedna druga multivarijantna analiza pod utjecajem izbora samoga analitičara. Iz toga razloga pristupilo se analizi koja je pokazala optimalan broj potrebnih klastera, da bi se dobio vjerodostojan rezultat. Provedena je Complete Linkage metoda (slika 3).

Na slici 3. vidimo da je za analizu potrebno minimalno 12 klastera. Stoga je kao optimalni broj za daljnju analizu uzeto 15 klastera (tablica 3).

Iz tablice 3. vidi se da su prvih 6 klastera u osnovi slični po starostima ploha, a razlikuju se samo po varijabli učešća pojedine vrste po plohi. Klaster 7, 8 i 9 su sličnih starosti, međutim klaster 9 razlikuje se po učešću varijabli vezanih za OMB, a klaster 8 po varijablama hrast N i jasen N. Deveti klaster izlučen je na temelju učešća ostale meke bjelogorice. U klasterima 10, 11 i 12 uočljivo je veće učešće graba i učešće ostale meke bjelogorice, dok im je starost različita. Klasteri 13 i 14 su izlučeni na temelju varijabli vezanih za grab, dok se razlikuju od ostalih klastera i po starosti. Klaster 15 se razlikuje od klastera 4, 5 i 6, koji su sličnih starosti, po ukupnom broju stabala i ukupnoj temeljnici.

Svi 15 klastera međusobno se razlikuju prema nekoj varijabli, pa samo uzimajući u obzir varijable N ukupno, G ukupno i d_s uočljiva je razlika u karakteristikama koje su bile odlučujuće za svrstavanje pojedine plohe u određeni klaster.

Iz slike 4. uočavaju se varijable koje su značajno odlučivale za izdvajanje pojedinog klastera, a to su broj stabala hrasta, graba, jasena i OMB-a. Na izdvajanje klastera 8 utjecala je varijabla broj stabala hrasta, na klaster 3 broj stabala graba, a na klaster 7 broj stabala poljskog jasena. Varijabla broj stabala OMB-a utjecala je na izdvajanje klastera 9. Isto tako je uočljivo da varijable koje su najmanje utjecale na izdvajanje klastera su srednje plošno stablo hrasta, srednje plošno stablo graba, srednje plošno stablo poljskog jasena, srednje plošno stablo OMB-a i srednje plošno stablo ukupno po plohi.

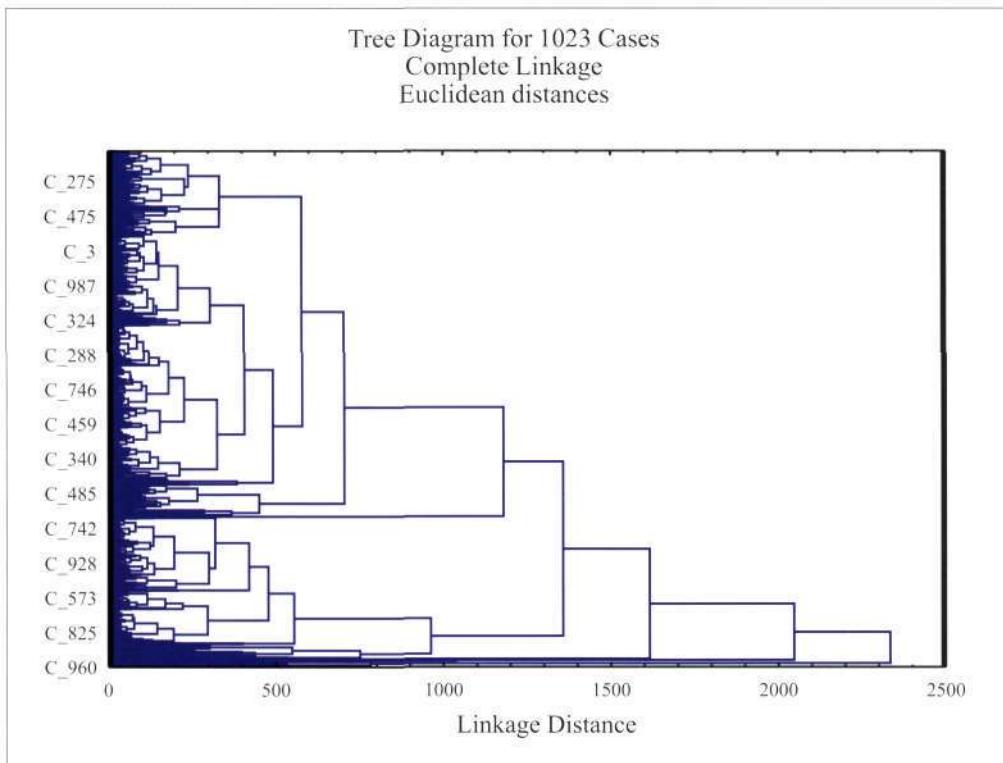
Sličnost između pojedinih klastera može se vidjeti na temelju Euclidovih distanci, odnosno

Tablica 3. Srednje vrijednosti za 15 klastera
Table 3. Mean values for 15 clusters

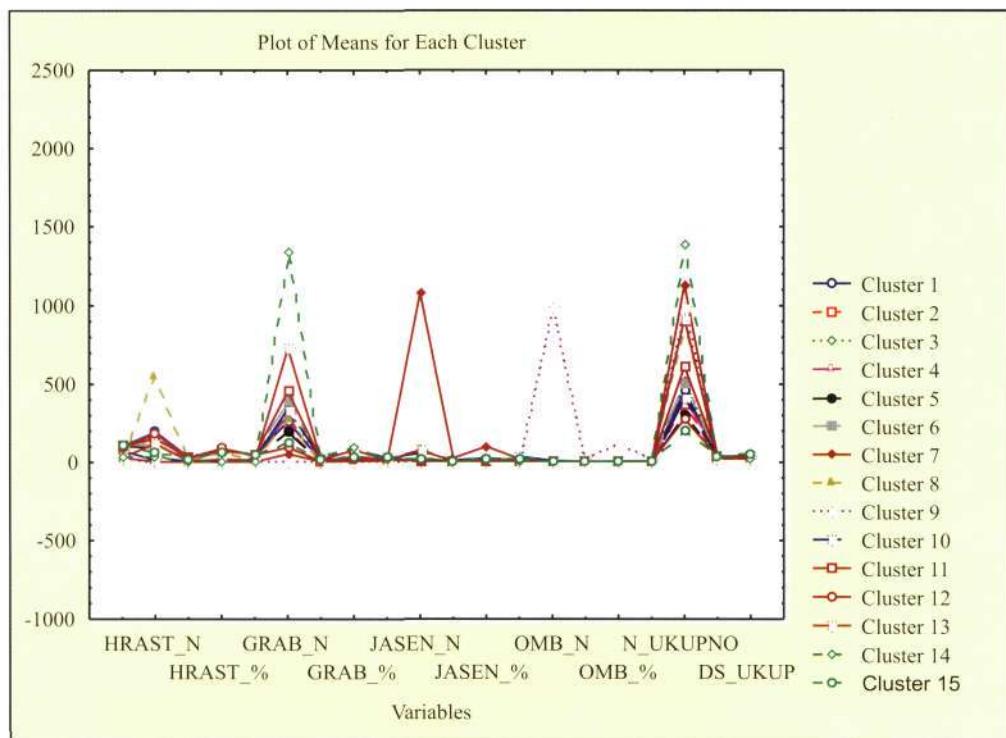
Variable	Cluster Means															Cluster
	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	Cluster	
No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 15	
STAROST	99,933	98,716	101,510	107,986	105,018	113,228	25,667	23,200	23,000	70,559	102,529	94,205	29,370	28,400	110,229	
HRAST_N	190,123	159,481	185,031	114,116	92,455	109,529	0,000	547,264	0,000	11,202	146,594	176,911	116,160	24,876	64,836	
HRAST_G	28,264	26,339	29,050	23,355	18,777	23,255	0,000	8,787	0,000	1,771	25,840	25,799	3,835	0,579	14,000	
HRAST_%	82,183	80,151	81,412	75,835	65,827	72,244	0,000	55,043	0,000	6,948	71,216	85,135	16,078	2,224	55,349	
HRAST_DS	43,691	46,021	44,755	51,484	51,410	52,296	0,000	14,107	0,000	23,247	46,518	43,438	11,660	5,320	52,623	
GRAB_N	259,265	200,871	334,109	294,953	194,778	386,964	49,751	278,607	0,000	340,583	454,181	91,631	726,962	1333,333	114,469	
GRAB_G	5,703	5,541	6,249	6,909	8,004	8,323	1,262	5,803	0,000	17,109	8,713	4,068	12,169	27,538	8,344	
GRAB_%	17,001	16,655	18,055	22,984	28,406	26,730	5,002	36,368	0,000	69,674	26,827	13,209	75,561	96,247	35,587	
GRAB_DS	16,531	18,369	15,360	17,134	22,503	16,467	5,990	16,507	0,000	24,490	15,556	20,881	14,483	16,159	28,990	
JASEN_N	3,229	9,870	2,291	1,840	9,524	1,899	1077,944	69,652	0,000	52,546	6,403	3,440	70,020	14,925	14,202	
JASEN_G	0,291	1,110	0,059	0,413	1,818	0,300	21,499	1,324	0,000	6,286	0,391	0,419	1,605	0,437	2,345	
JASEN_%	0,805	3,195	0,357	1,130	5,768	0,955	94,998	8,588	0,000	22,098	1,940	1,589	8,361	1,530	9,046	
JASEN_DS	3,832	7,765	0,882	5,868	11,408	4,371	16,442	12,541	0,000	30,646	4,120	6,158	7,204	5,750	16,036	
OMB_N	0,331	0,000	1,429	0,848	0,000	0,776	0,000	0,000	990,000	4,216	0,226	0,378	0,000	0,000	0,000	
OMB_G	0,004	0,000	0,024	0,018	0,000	0,017	0,000	0,000	13,367	0,250	0,007	0,024	0,000	0,000	0,000	
OMB_%	0,011	0,000	0,176	0,051	0,000	0,071	0,000	0,000	100,00	1,280	0,017	0,067	0,000	0,000	0,000	
OMB_DS	0,140	0,000	0,297	0,242	0,000	0,302	0,000	0,000	13,107	1,273	0,232	0,364	0,000	0,000	0,000	
N_UKUPNO	452,948	370,222	522,860	411,757	296,757	499,167	1127,695	895,522	990,000	408,547	607,404	272,360	913,142	1373,134	193,507	

mogu se utvrditi "udaljenosti" između izdvojenih klastera. U tablici 4. vidi se da se na temelju Euclidovih

distanci ističe grupa klastera (1–6) koja ima vrlo male distance.



Slika 3. Complete Linkage
Figure 3 Complete Linkage



Slika 4. Srednje vrijednosti varijabli za pojedini klaster
Figure 4 Mean values of variables for each cluster

Tablica 4. Euclidove distance između klastera
Table 4 Euclidean Distances between Clusters

Cluster Number	Euclidean Distances between Cluster														
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15
Distances below diagonal															
No. 1	0,000	564,251	526,910	449,711	1943,965	1271,460	85770,950	16859,370	69916,820	2747,763	3200,984	3051,900	22774,290	102428,500	5305,278
No. 2	23,754	0,000	2093,691	645,418	523,046	2714,829	89350,860	22233,390	72847,300	2803,661	6043,966	1097,900	29587,500	116346,800	2465,412
No. 3	22,955	45,757	0,000	956,746	3997,430	473,707	83172,300	14350,410	68432,800	2896,800	1164,049	6093,931	16557,240	88400,910	8669,473
No. 4	21,206	25,405	30,931	0,000	1202,750	809,705	88477,700	21824,290	70041,450	1307,076	3242,306	3261,551	22882,440	101551,400	4194,920
No. 5	44,090	22,870	63,225	34,681	0,000	3927,653	94240,290	29249,190	76696,170	2523,830	8353,388	965,682	34010,170	123864,600	911,189
No. 6	35,658	52,104	21,765	28,455	62,671	0,000	85254,580	18788,370	70492,020	1660,103	889,849	7206,550	15335,700	84347,720	8542,025
No. 7	292,867	298,916	288,396	297,452	306,986	291,984	0,000	71739,670	109188,700	83330,480	81395,440	97189,500	77382,810	142846,900	101782,900
No. 8	129,844	149,109	119,793	147,731	171,024	137,071	267,843	0,000	69326,270	26771,710	14349,430	28664,930	19519,100	81186,110	38276,910
No. 9	264,418	269,902	261,597	268,405	276,941	265,503	330,437	263,299	0,000	72461,170	69006,410	78041,080	77494,570	146324,200	82968,730
No. 10	52,419	52,950	53,822	36,154	50,238	40,744	288,670	163,621	269,186	0,000	4121,154	6130,983	20914,740	96091,510	5423,953
No. 11	56,577	77,743	34,118	56,941	91,397	29,830	285,299	119,789	262,691	64,196	0,000	12263,730	9291,119	69603,130	14734,080
No. 12	55,244	33,135	78,064	57,110	31,075	84,891	311,752	169,307	279,358	78,301	110,742	0,000	41876,640	139900,100	1078,151
No. 13	150,911	172,010	128,675	151,269	184,418	123,837	278,178	139,711	278,378	144,619	96,390	204,638	0,000	29586,470	45559,590
No. 14	320,045	341,096	297,323	318,671	351,944	290,427	377,951	284,932	382,523	309,986	263,824	374,032	172,007	0,000	144782,400
No. 15	72,837	49,653	93,110	64,768	30,186	92,423	319,034	195,645	288,043	73,647	121,384	32,835	213,447	380,503	0,000
Squared distances above diagonal															

Rezultati ispitivanja utjecaja pojedine varijable

na izdvajanje klastera

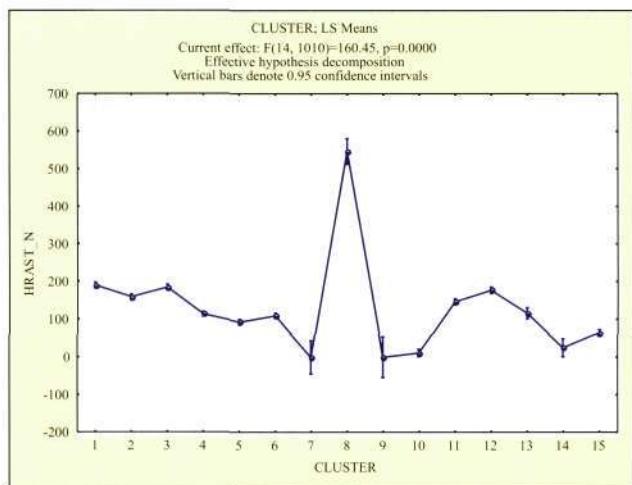
Research results of particular variables influence on cluster separation

Da bi se dobile varijable koje su imale najveći utjecaj na izdvajanje ploha u klastere provedene su analize One – Way ANOVA, LS Means i Tukey HSD test.

One – Way Anova analizom vidi-
mo utjecaj pojedine varijable na iz-
dvajanje plohe u određeni klaster.
Analizirana je svaka pojedina vari-
jabla (ukupno 20). Ovdje su prikazani
samo neki od primjera gdje je taj utje-
caj najizraženiji.

Iz slike 5. vidi se da je na temelju varijable broj stabala hrasta izdvojen klaster 8. Vrijednosti varijable hrast N slične su za klastere 1–6. Na izdvajanje klastera 14 značajno utječe varija-
bla broj stabala graba (slika 6). Vari-
jable temeljnica graba i % učešće
graba također značajno utječu na iz-
dvajanje ploha u klaster 14. Na izdv-
janje klastera 7 najviše utječe varijabla
broj stabala jasena (slika 7). Uz tu va-
rijablu najviše utjecaja imaju varijable
vezane uz jasen i to: varijabla temeljnica
jasena i varijabla % učešće jase-
na. Iz slike 8. uočava se da na izdv-
janje klastera 9 najviše utječe varijabla
broj stabala OMB-a.

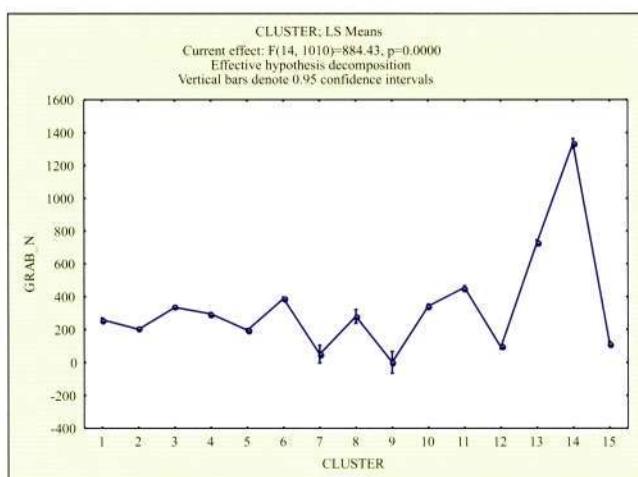
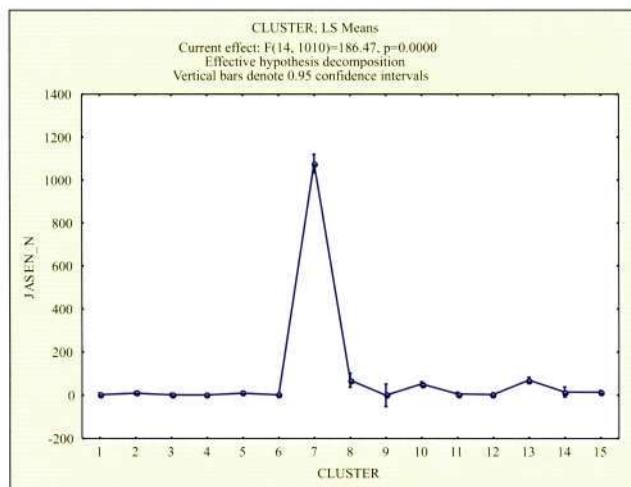
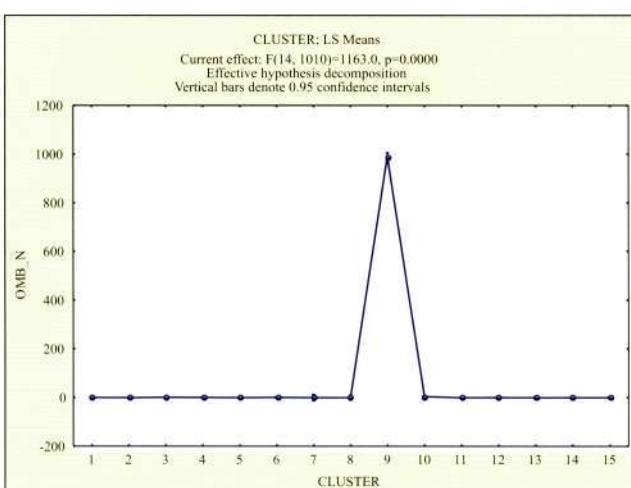
Za sve varijable (20) provedeni je i
Tukey HSD test kojim se ispituju raz-
like između klastera s obzirom na ispi-



Slika 5. Srednje vrijednosti varijable hrast N
Figure 5 Mean values of the oak variable N

Tablica 5. Tukey HSD test (varijabla hrast N)
Table 5 Tukey HSD test (oak variable N)

Cell	Cluster	Turkey HSD test; variable HRAST_N															
		Probabilities for Post Hoc Tests															
Error: Between MS = 1524.0, df= 1010.0																	
Cell	Cluster	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
1	1	190.12	159.48	185.03	114.12	92.455	109.53	0.0000	547.26	0.0000	11.202	146.59	176.91	116.16	24.876	64.836	
2	2	0.000028	0.999892	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
3	3	0.999892	0.000145	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
4	4	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
5	5	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
6	6	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
7	7	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
8	8	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
9	9	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
10	10	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
11	11	0.000026	0.569611	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
12	12	0.678011	0.134884	0.988431	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	
13	13	0.000026	0.000045	0.000026	1.000000	0.2333280	0.999978	0.0001122	0.000026	0.0044434	0.000026	0.030863	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026
14	14	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000041	0.000026	0.999756	0.000026	0.999965	0.999951	0.000026	0.000026	0.000026	0.131761	0.131761	
15	15	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000026	0.000139	0.000026	0.232598	0.000026	0.574616	0.000026	0.000026	0.000026	0.131761	0.131761

Slika 6. Srednje vrijednosti varijable grab N
Figure 6 Mean values of the hornbeam variable NSlika 7. Srednje vrijednosti varijable jasen N
Figure 7 Mean values of the ash-tree variable NSlika 8. Srednje vrijednosti varijable OMB N
Figure 8 Mean values of the OSDT (other soft deciduous trees) variable N

tivanu varijablu. U tablici 5 prikazan je primjer Tukey HSD testa za varijablu *Hrast N.*

Na temelju provedenog istraživanja za Tukey HSD test može se reći da jasno pokazuje razliku ili sličnost ploha izdvojenih u klastere u odnosu na pojedinu varijablu. Ako se pojedini klaster značajno razlikuje u

odnosu na sve druge klastere po određenoj varijabli, može se reći da je ta varijabla značajno utjecala na izdvajanje ploha u taj klaster. Isto tako, ako se određeni klaster ne razlikuje bitno od drugih klastera u odnosu na neku varijablu, ta varijabla nije značajno utjecala na izdvajanje ploha u taj klaster.

Rezultati na temelju izrade GIS-a – Results based on GIS making

Prostorni raspored ploha prema podacima dobivenim na temelju klasterske analize Spatial distribution of plots according to data obtained on the basis of cluster analysis

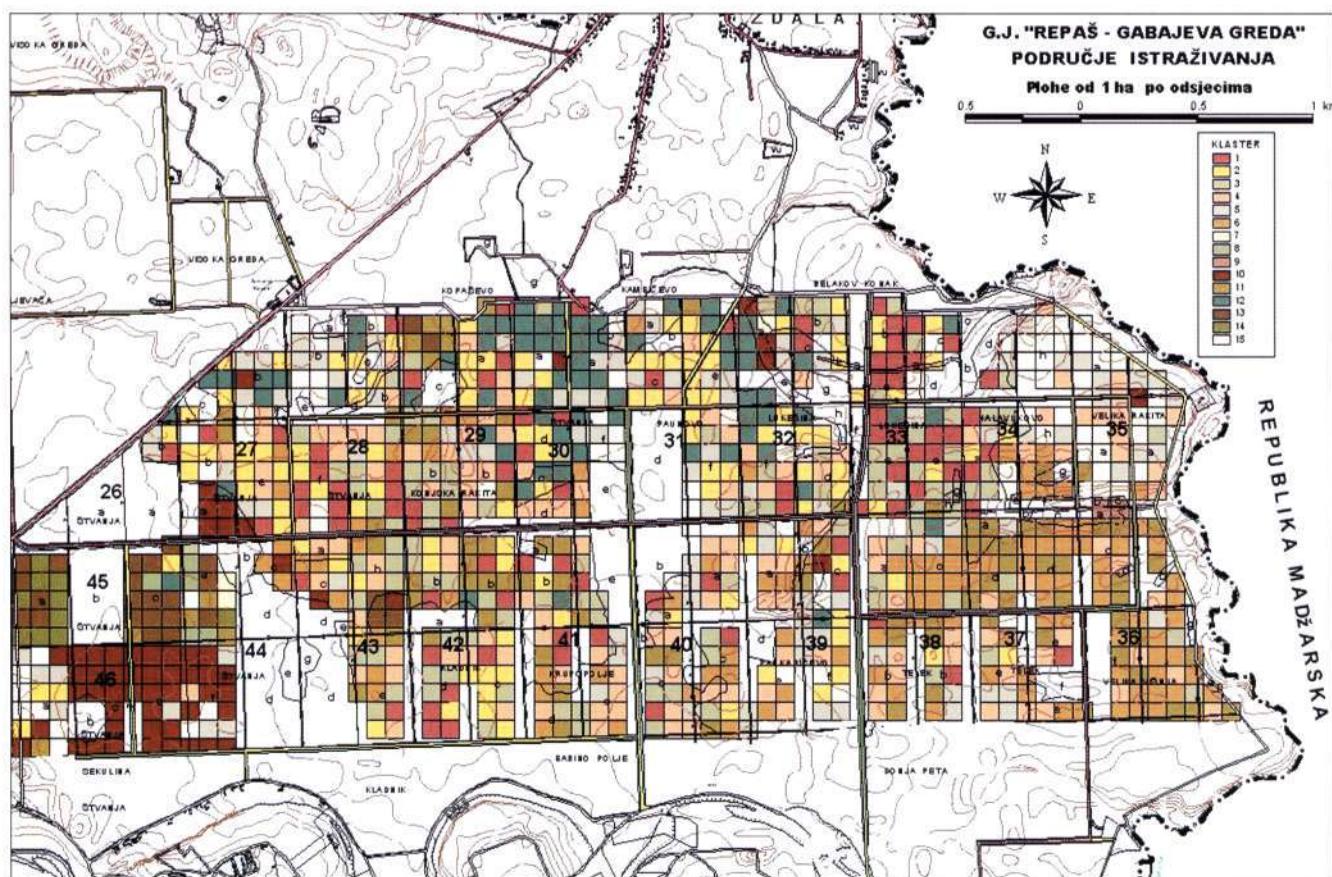
Sloj u GIS-u koji predstavlja prostorni raspored ploha prema klasterima, čija su središta određena koordinatama, uklopljen je u gospodarsku kartu.

Na taj način dobiven je novi kartografski sloj, gdje je na gospodarskoj karti vidljiv položaj svake pojedine plohe na terenu. Uz to vidljiva je i pripadnost plohe prema klasterima.

Kako se svi podaci u uređivanju šuma prikazuju po ha, išlo se na izradu GRID modela. Izrađena je mreža kvadrata dimenzija 1 x 1 ha. Time je svaka ploha na terenu predstavljena površinom od 1 ha.

Budući da su sve karte jednoznačne unutar GIS-a (koordinate), izrađeni GRID model preklopili smo preko gospodarske karte (slika 9). Na taj način dobivena je nova karta koja prikazuje plohe površine od 1 ha. Kako svaka ploha pripada određenom klasteru, iz karte je vidljivo koja ploha (klaster) ulazi u postojeći odjel (odsjek).

Ako uzmemo u obzir da najmanja površina odsjeka izlučena na terenu može iznositi 1 ha, dobili smo zapravo minimalnu površinu eventualnog odsjeka za izlučenje.



Slika 9. Plohe od 1 ha uklopljene u gospodarsku kartu
Figure 9 1 ha areas integrated into a management map

Usporedba odsjeka izlučenih na terenu i odsjeka dobivenih klasterkom analizom

Comparison of subcompartments extracted on the ground and subcompartments obtained by cluster analysis

Na temelju dobivenog rasporeda ploha od 1 ha i gospodarske podjele na odjele i odsjeke dobili smo svaku plohu izdvojenu u odnosu na neku varijablu. Više istih ploha u nekom odsjeku predstavlja homogeno izlučeni odsjek, a više različitih ploha znači da je odsjek heterogeno izlučen.

Na slici 9 vidi se da su odsjek 45a prekrila dva klastera (13 i 14). Razlika u ta dva klastera je samo u broju stabala graba na pojedinoj plohi. Iz tablice 3. vidi se da su u 13. klasteru 726 stabala graba, a u 14. klasteru 1333 stabala graba. Odsjek se nalazi u drugom dobnom razredu, odnosno radi se o mladoj sastojini graba pred prvom proredom, pa optimalni broj stabala u cijelom odsjeku nije postignut. Prema dobivenim rezultatima možemo taj odsjek podijeliti na 2 odsjeka i prilikom radova voditi računa o intenzitetu prorede s obzirom na izlučenje.

Na temelju izmjerениh podataka koji su bili namijenjeni za izradu gospodarske osnove i izrađene digitalne karte gospodarske jedinice, cilj je bio da se krajnji rezultati upotrijebe pri racionalizaciji poslova u šumarstvu (uređivanju šuma), te da na taj način planiraju budući radovi u gospodarenju sastojinama. Tim načinom može se planirati gospodarenje na manjim površinama (npr. od 1 ha), odnosno gospodariti sa svakom plohom pojedinačno u određeno vrijeme, a čije se središte lako može

locirati pomoću GPS-a. Mogu se odrediti šumsko-uzgojni zahvati u svakoj plohi, kao npr. popunjavanje, doznaka, sječa i sl., a samim time i odrediti smjernice za daljnje planiranje gospodarenja odsjekom.

Uvrštanjem novih varijabli u analize (visina stabla, širina krošnje, prirast) mogućnost planiranja na pojedinoj plohi se može povećati (praćenje sušenja sastojina i dr.).

Ovakav način pristupa problemu, primjenom GIS tehnologije podržane statistikom osloboda šumarskog stručnjaka rutinskih poslova (dileme oko izlučenja sastojina), te mu ostavlja više vremena za donošenje odluka o planiranju gospodarenja gospodarskom jedinicom, a otvara i nove mogućnosti u dalnjem istraživanju.

Istraživanjem mogućnosti primjene GIS-a pri izlučivanju sastojina prema dendometrijskim parametrima ukazuje se na primjenu GIS-a i statistike za potrebe planiranja u šumarstvu.

Unutar uspostavljenog GIS-modela možemo vrlo jednostavno uklapati nove slojeve izrađene na temelju statističkih analiza ili izmjere na terenu i preklapati pojedine tematske slojeve, te na taj način modeliranjem dobiti novi sloj.

Ovakav primjer GIS modeliranja može se koristiti u svim budućim istraživanjima.

ZAKLJUČCI – Conclusions

- Geografski informacijski sustav (GIS) pogodan je za objedinjavanje podataka iz različitih izvora, s time da svi ti podaci moraju biti georeferencirani kako bi se jednoznačno mogli preklapati.
- Uz pomoć GIS-a podaci dobiveni statističkom analizom mogu se također prostorno prikazivati i primjenjivati prilikom izlučenja sastojina, vodeći pri tom računa o propisima gospodarenja šumama.
- Sve varijable uzete u statističku analizu nemaju jednaku težinu na izdvajanje ploha u klastere.
- Uvrštanjem novih varijabli (h , D , i_d ...) u analizu možemo povećati mogućnost planiranja.
- Sistematski postavljeni uzorak (mreža točaka) uz pomoć GPS-a na terenu, izvrsna je baza podataka za GIS modeliranje prilikom izlučivanja sastojina.
- Uz pomoć GPS-a lako se može, kada je to potrebno, odrediti položaj bilo koje plohe.
- Na temelju tako dobivenih podataka mogu se planirati zahvati u budućnosti vezani za gospodarenje šumama, a isto tako se podaci mogu i nadopunjavati.
- Ovim načinom uz pomoć GIS-a možemo planirati gospodarenje na manjim površinama (1 ha), odnosno mogu se odrediti pojedini zahvati (doznaka, sječa, popunjavanje i dr.) na svakoj plohi.
- Na temelju dobivenih rezultata i postavljenog zadataka problemu izlučenja sastojina primjenom GIS-a i izmjere treba ozbiljno pristupiti, jer ćemo olakšati i racionalizirati posao. Uvjereni smo da će i rezultati daljnjih istraživanja potvrditi ove rezultate i odrediti još neke nove ciljeve.
- Izvršenje potrebnih zahvata (šumsko-uzgojni radovi, sječa i sl.), propisanih u Osnovi gospodarenja po odsjecima, te korištenjem podataka dobivenih primjenom GIS-a i izmjere za svaku plohu, u odsjeku je jednostavno i brzo.
- Usputovom GIS-a osloboda se šumarski stručnjak rutinskih poslova, te mu se ostavlja više vremena za druge poslove.

LITERATURA – References

- Baader, G., 1942: Die Forsteinrichtung als nachhaltige Betriebsführung und Betriebsplanung, Frankfurt.
- Frančula, N. 1994.: Novi pristup kartografiji, Zbornik referata. Javno poduzeće Hrvatske šume i Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Galić, Ž., 2002: Pouzdanost procjene strukturnih elemenata izmjere šuma primjenom kombiniranih metoda. Magistarski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Jordan, G. A. & T. A. Erdle, 1989: Forest management and GIS. What have learned in New Brunswick? The Canadian Institute of Surveying and Mapping Journal, 43 (3): 287–295.
- Kalafadžić, Z. i V. Kušan, 1991: Visoka tehnologija u inventuri šuma, Šum. list 115 (10–12): 509–520, Zagreb.
- Kušan, V., 1993: GIS – tehnologija koja dolazi, Glasnik za šumske pokuse 30.
- Klobučar, D. 2002: Mogućnost primjene aerofototimaka iz cikličkog snimanja Republike Hrvatske u uređivanju šuma. Magistarski rad, Zagreb.
- Pernar, R., 1997: Application of results of aerial photograph interpretation and geographical information system for planning in forestry. Glasnik za šumske pokuse, vol. 34. str. 141–189, Zagreb.
- Pranjic, A., I. Mihajlov, 1987: Starost stabla, Šumarska enciklopedija, svezak 3, drugo izdanje, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, jug. leksikografski zavod, str. 289.
- Pranjic, A., N. Lukic, 1997: Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, 410 p.p., Zagreb.
- XXX, 1997: Pravilnik o uređivanju šuma (NN 11/97). Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva.
- XXX, 2001: Osnova gospodarenja GJ "Repaš – Gabajeva Greda" (2001–2010). Odjel za uređivanje šuma, Uprava šuma Koprivnica.

SUMMARY: This thesis shows possibilities of GIS application in extracting stands according to dendometric parameters (number of trees – N , basal area – G , mean basal area tree – ds , age, % of species presence), that is, to seek and test ways and techniques of collecting, arranging and handling data, thus reducing ground work, improving measuring precision and accuracy, popularizing GIS, encouraging thinking and ideas development, both scientific thoughts and practical solutions in forest management.

Ground work was done on regular oak forest stands on 'Repaš – Gabajeva Greda' (compartments 26–46) in Repaš Forestry Office, Forest Management Koprivnica Branch. A systematic pattern of nets of squares 100 x 100 m, whose centres are also centres of areas (circles) where a tree breast-diameter was measured, was established in compartments. A total of 1025 circles were set up in the research area and the breast-diameter of 37619 trees was measured.

Following the ground measurings, recorded data were entered into the data base formed in a way so they could be used for variables processing using Microsoft Windows EXCEL and Statistica 6.0 software.

In creating the graphic part of GIS model, the existing maps were digitalized:

- topographic maps (1 : 5000),
- cadastral plans (1 : 2880 and 1 : 2000),
- management map (1 : 10000).

In statistical data processing cluster analysis (K-means method) was used, the results of which are basis for GIS modelling for the purpose of extracting stands.

The results of research into possibilities of GIS application in extracting stands according to dendometric parameters point to the application of GIS and statistics for the purpose of planning in forestry.

- *Geographical information system is suitable for gathering data from different sources, provided these data are georeferential in order to overlap unambiguously.*
- *Data obtained in this way provide a basis for future planning in forest management, and they can also be supplemented.*
- *Data obtained by statistical analysis can also be shown spatially and used in stand differentiation, taking into account forest management regulations.*
- *With the help of GIS we can also plan management on smaller areas (1 ha) and determine certain activities (marking trees, felling, filling up blanks, and others) in each area.*
- *Carrying out the required tasks (forest-growing works, felling, etc.), regulated by the Forest Management Plan becomes very easy and quick when using the data obtained with the use of GIS and the measuring for each area.*
- *With the establishment of GIS can relieve a forester of dull and tedious work, leaving him with more time for other tasks.*

Key words: forests measuring, stand extraction, GIS, cluster analysis.