

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Prispjelo - *Received*: 26. 04. 2006.
Prihvaćeno - *Accepted*: 09. 10. 2006.

UDK: ???

Ante Seletković*, **Renata Pernar***, **Miroslav Benko****

VIŠEFAZNI UZORAK U INVENTARIZACIJI ŠUMSKOG PROSTORA

MULTI-STAGE SAMPLE IN FOREST INVENTORY

SAŽETAK

Cilj ovoga istraživanja bio je provjeriti i potvrditi opravdanost i primjenjivost višefaznog uzorka u inventarizaciji šumskog prostora. U tu svrhu odabran je lokalitet u UŠP Split, šumarija Zadar, GJ Zadarski otoci, otok Ugljan. Na izabranom lokalitetu istraživano je kako se sa što manjim intenzitetom uzorkovanja, upotrebom višefaznog uzorka mogu dobiti odgovarajući rezultate procjene sastojinskih strukturnih elemenata, koji mogu poslužiti u uređajnoj inventuri šuma. Izrađeni su digitalni model reljefa (DMR) i digitalni ortofoto (DOF), na kojem su se izlučivali različiti stratumi i planirala mreža uzoraka po fazama: I. faza-fotointerpretacija; II. faza-izbor jedinice uzorka za aerofototaksaciju; III. faza-izbor jedinice uzorka za terestričku izmjeru). Na temelju interpretacije izlučenih stratuma na digitalnom ortofotu (DOF) može se planirati mreža uzoraka u drugoj i trećoj fazi

Rezultati istraživanja potvrdili su primjenjivost višefaznih uzoraka uz prethodno dobro isplanirani izvedbeni plan svih faza rada u svakoj utvrđenoj fazi uzorka.

Ključne riječi: inventura šuma, digitalni ortofoto (DOF), višefazni uzorak.

UVOD

INTRODUCTION

Inventura šuma ima zadaću prikupljanja sveobuhvatnih relevantnih podataka o stanju šume, čime se osiguravaju potrebne informacije za vođenje šumskog gospodarstva u svim njegovim dijelovima. U svjetlu stalnog mijenjanja uvjeta šumske

* Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 35, 10000 Zagreb

** Šumarski institut, Jastrebarsko, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko

proizvodnje, naročito djelovanjem čovjeka, inventura šuma ne smije biti ukalupljena, nego to mora biti prilagodljiv postupak, koji će primjenom svih suvremenih dostignuća znanosti dati potrebne informacije brzo, pouzdano i uz male troškove (KALAFADŽIĆ i KUŠAN 1991).

Kako šume, kao obnovljivo prirodno bogatstvo, prekrivaju velik dio kopna, fotointerpretacija je postala nezaobilazna disciplina u šumarstvu mnogih zemalja. Naročito značajnu ulogu ima u inventarizaciji šuma (KUŠAN 1991).

Inventarizacija šuma je područje šumarstva gdje šumarski stručnjak svojim znanjem snima, sakuplja i interpretira osnovne šumarske podatke, koji kasnije služe primarno za planiranje u šumarstvu (LOETSCH-HALLER 1973), odnosno za planiranje širega nacionalnog gospodarstva (LOETSCH i dr. 1973). Primjenom automatizirane i računalom podržane grafike (digitalna kartografija), suvremenih načina prikupljanja podataka (daljinska istraživanja), te korištenjem računala za obradu podataka značajno se povećala i brzina pripreme informacija za planiranje i provođenje radova u šumarstvu (PERNAR 1997).

Ovisno o tome čemu nam služe potrebne informacije, odabiremo metodu izmjere i obrade podataka. Da bismo mogli u određenom momentu odabrati najpodesniju metodu, moramo dobro poznavati pojedine metode, njihove prednosti odnosno ograničenja. (PRANJIĆ i LUKIĆ 1997).

Cilj ovoga istraživanja bio je provjeriti i potvrditi opravdanost i primjenjivost višefaznog uzorka u inventarizaciji šumskog prostora. U tu svrhu odabran je lokalitet u UŠP Split, šumarija Zadar, GJ Zadarski otoci, otok Ugljan. Na izabranom lokalitetu istraživano je kako se sa što manjim intenzitetom uzorkovanja, upotrebom višefaznog uzorka mogu dobiti odgovarajući rezultate procjene sastojinskih strukturnih elemenata, koji mogu poslužiti u uređajnoj inventuri šuma.

Kod višefaznog uzimanja uzoraka, jedna vrsta informacija može biti skupljena na svim jedinicama uzorka (primjernim površinama), a druge informacije samo iz dijela jedinica. Znači jedinice uzorka su iste u svim fazama skupljanja informacija.

Višefazni se uzorci obično primjenjuju u izmjeri velikih šumskih površina, koristeći i aerosnimke (PRANJIĆ i LUKIĆ 1997).

METODA RADA

WORK METHOD

Zadatak istraživanja je bio, na postojećim aerofotosnimkama (pankromatske snimke približnog mjerila 1:20000) izlučiti odgovarajuće stratumi koristeći se stereomodelom, te izraditi digitalni model reljefa (DMR), a kao krajnji produkt digitalni ortofoto (DOF).

Glavni cilj šumarske fotogrametrije je mjerenje interpretiranih pojedinosti šumskih sastojina ili šumskih zemljišta. Sama izrada DMR-a i digitalnog ortofota bila je potrebna da bi se dobile površine određenih stratuma (kategorija zemljišta sa vegetacijom), te na temelju toga postavio i utvrdio intenzitet uzorka (terestrička mjerenja).

Koristio se je višefazni uzorak, iz razloga što njime dobivamo podatke sa iste jedinice uzoraka, ali u različitim fazama izvršavanja postavljenih zadataka, što je praktično za kasnije uspoređivanje dobivenih rezultata. Primjenom višefaznog uzorka, istraživanja su podijeljena u tri faze:

- fotointerpretacija razlučivanja kategorija zemljišta sa vrstom drveća i vegetacije (prva faza),
- izbor jedinica uzorka (ploha) za aerofototaksaciju (druga faza), te
- izbor jedinica uzorka za terestričku izmjeru iz uzorka druge faze (treća faza).

Pregledom terena uspostavljen je "fotointerpretacijski ključ" za raspoznavanje određenih kategorija zemljišta s vegetacijom ili bez vegetacije.

Zatim se na odgovarajućim stereoparovima, pomoću zrcalnog stereoskopa *Carl Zeiss Jena 3.5x*, pristupilo delineaciji (izlučivanju) stratuma, odnosno fotointerpretaciji, paralelno izlučivajući iste te stratume na digitalnom ortofotu na računalu pomoću softverskog paketa *ArcView 3.1* i istodobno računajući površine za svaki određeni stratum.

Na temelju izračunatih površina stratuma planiran je intenzitet uzorkovanja u drugoj i trećoj fazi.

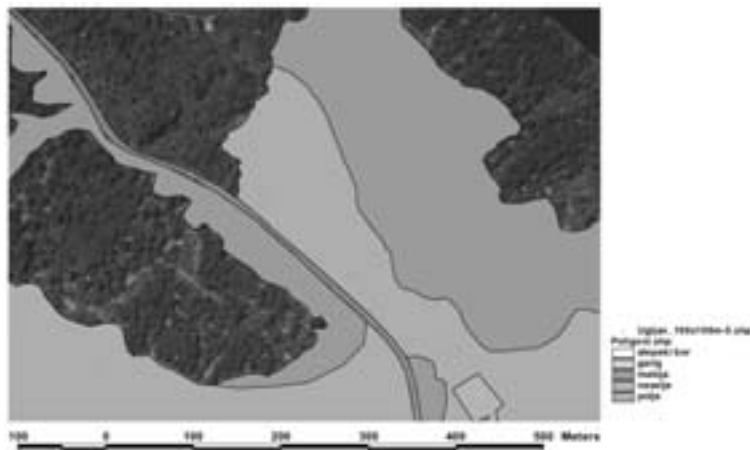
Što se tiče izgleda i veličine jedinice uzorka (primjerne površine) odabrana je ploha kružnog oblika, polumjera $r = 10$ m. Kružna ploha je izabrana iz razloga što je krug zadan samo sa središtem i radijusom, te ga je na terenu lakše označiti nego plohu kvadratnog, pravokutnog ili nekog drugog oblika, a drugi razlog što krug kao geometrijski lik za određenu zatvorenu površinu ima najmanji opseg, a samim time i najmanju vjerojatnost pojave graničnih (rubnih) stabala, koja uvelike utječu na kvalitetu izmjere (KUŠAN 1991). Veličina kruga (314 m^2) je izabrana na osnovu potencijalnog broja mjerljivih stabala, jer su istraživanja (PRANJIĆ i LUKIĆ 1997) pokazala da je potrebno za kvalitetu izmjere paziti na optimalan broj stabala na plohi.

Za istraživano područje (otok Ugljan), uspostavljen je sistematski uzorak oblika mreže kvadrata, razmaka 100×100 m, u smjeru Sjever-Jug i Istok-Zapad, te je takva mreža prevučena preko digitalnog ortofota cijelog područja otoka Ugljana (Slika 1.). Svaki čvor mreže je obrojčan, a metodom slučajnih brojeva su izabrani čvorovi na kojima su postavljene kružne plohe ($r = 10$ m površine 314 m^2), na kojima se obavljala terestrička izmjera (treća faza). Planiranih i izmjerenih ploha na terenu je bilo $n = 48$, ukupne površine 1.51 ha , te je stvarni intenzitet $I = 0.35\%$ od ukupne površine stratuma alepskog bora (I faza) ili $I = 3.5\%$ od površine alepskog bora druge faze.

Za svaku plohu očitana je sa digitalnog ortofota pripadajuća koordinata koja se unosila u ručni GPS i locirala na terenu, te se pristupilo terestričkoj izmjeri (Tablica 1.).

Na svakoj plohi mjereni su i upisivani u terenske snimateljske listove slijedeći parametri:

- Vrsta drveća za svako mjereno stablo.



Slika 1. Sistematski uzorak ploha u obliku mreže kvadrata na DOF-u
 Fig 1. Systematic sample of surface in the form of square grid on the DOP

Tablica 1. Prikaz koordinata unošenih u ručni GPS
 Table 1. Coordinates that were input into GPS instrument

ID	X	Y	REDNI_BROJ
29125	5520282,98	4874909,39	1
30037	5520277,52	4875209,36	2
31248	5519770,29	4875600,23	3
34903	5520448,39	4876812,87	4
34904	5520548,38	4876814,69	5
34905	5520648,37	4876816,51	6
35207	5520446,57	4876912,86	7
35208	5520546,56	4876914,68	8
35209	5520646,55	4876916,50	9
35511	5520444,75	4877012,85	10

- Dva nasuprotna promjera stabla u prsnoj visini (1,30 m), u smjeru sjever-jug za prvi i istok-zapad za drugi promjer, milimetarskom promjerkom preciznosti 1 mm.
- Totalna visina stabla te visina do prve žive grane, visinomjerom *Blume-Leiss*, na 0,5 m precizno.
- Širine krošanja u smjeru isto kao i kod prsnih promjera pomoću mjerne vrpce i projekcije trasirki (Sjever-Jug, Istok-Zapad)

Podaci snimljeni na terenu uneseni su sa snimateljskih listova u bazu podataka i analizirani s pomoću softvera *Microsoft Windows EXCEL* i *Statistica 6.0*.

Visinske krivulje alepskog bora na istraživanim pokusnim plohamu u svakom pojedinom klasteru izjednačene su *Mihailovljevom* funkcijom,

$$h = (b_0 \cdot e^{-b_1/d}) + 1,30 . \quad (1)$$

Za određivanje volumena stabla odabrana je *Schumacher-Hall*-ova formula,

$$V = a \cdot d^{b \cdot c} \quad (2)$$

gdje je V - volumen, d - prsni promjer, h - visina, a, b, c su regresijski parametri za volumne tablice alepskog bora (BENKO i dr. 1997).

Provedena je i klasteraska analiza hijerarhijskom metodom udruživanja objekata/varijable (*joining*), odnosno algoritmom izrade stabla (*tree clustering algorithm*). Svrha toga algoritma je udruživanje objekata u klaster koristeći neke mjere sličnosti ili različitosti objekata. Rezultat ove metode je hijerarhijsko stablo (*dendrogram*), odnosno objekti se prema sličnosti udružuju u veće klastere i na kraju su svi zajedno povezani. Na vertikalnom hijerarhijskom stablu os y označava udaljenost povezivanja. Tako se svaki nodij na grafikonu (mjesto gdje je formiran novi klaster), može očitati udaljenost na kojoj su dotični objekti spojeni u novi klaster (HARTIGAN 1975).

REZULTATI I DISKUSIJA

RESULTS AND DISCUSSION

Za istraživano područje izrađen je digitalni model reljefa (DMR) i digitalni ortofoto (DOF) mjerila 1:10000

Na DOF-u su interpretirane i delineirane (izlučene) različite kategorije zemljišta, prema načinu korištenja (land use). Kartirano je pet različitih kategorija zemljišta, (stratuma): alepski bor, makija, garig, poljoprivredne površine (voćnjaci, maslinici, vinogradi, vrtovi), naselje (kuće, prometna infrastruktura..).

Ukupan broj izlučenih poligona je 865, od čega 120 poligona alepskog bora, 12 gariga, 158 makije, 368 naselja i 207 polja.

Na temelju njihovih izračunatih površina odredio se optimalan intenzitet uzorka (višefaznog), te je obavljena izmjera strukturnih elemenata vegetacije (prsni promjer, visina, širina krošnje...), na temelju kojih je provedena statistička obrada (klasteraska analiza).

Planirani intenzitet aerofototaksacije stratuma šuma alepskog bora (druga faza) bio je $I = 10\%$ od ukupne površine (stratum alepski bor 433,18 ha), a za terestričku izmjeru (treća faza) se planirao uzorak $I = 5\%$ od druge faze.

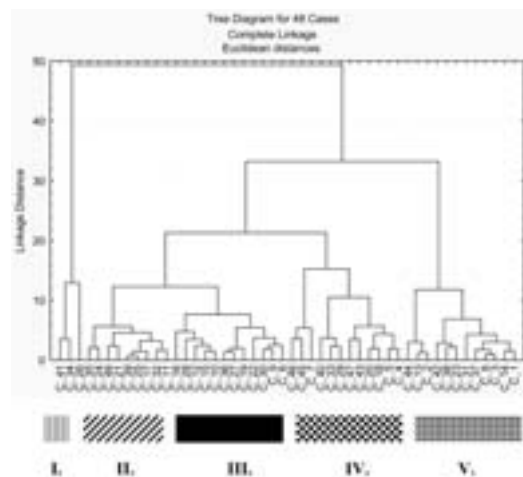
Višefazni uzorak je u svojoj primjeni pokazao dobre i loše strane. Za podlogu istraživanja korištene su aerofotosnimke mjerila $M \approx 1:20.000$, koje su se u prvoj fazi fotointerpretacije i delineacije snimaka pokazali upotrebljivi, dok su se za drugu fazu pokazali neupotrebljivi što je inače glavni nedostatak aerofotosnimaka iz cikličkog snimanja RH koje ima sitno mjerilo ($M \approx 1:20.000$). Ovo mjerilo onemogućava, za šumarske potrebe, izmjeru elemenata pojedinačnih stabala i u znatnoj mjeri reducira određivanje ostalih elemenata sastojine, što su već ukazala prethodna istraživanja za potrebe aerofototaksacije (TOMAŠEGOVIĆ 1986, KUŠAN 1991, KLOBUČAR 2002).

Ovo mjerilo aerofoto snimaka jedino omogućuje kvalitetno određivanje granica stratuma, vrste drveća, dok u degradacijskim oblicima vegetacije (makija i garig) istraživanog područja je vrlo teško determinirati markantne grupice stabalaca pojedinih vrsta drveća za uspostavljanje «fotointerpretacijskog ključa». Kod primjene višefaznog uzorka, navedeno mjerilo omogućuje jedino, planiranje uzoraka slijedećih faza za terestričku izmjeru ili neku drugu namjenu.

U trećoj fazi uzimanja uzoraka, pri terenskoj izmjeri, ustanovljeno je da će postojati varijabilnost strukturnih elemenata. Gledajući sveukupno cijeli stratum alepskog bora, teško je reći, da li su to homogene sastojine jer sve su plohe slične po jednom strukturnom elementu, a po jednom nisu. Već i kod izjednačavanja visina stabala alepskog bora, vidljivo ja da su korelacijski koeficijenti (r) u rasponu od slabe do čvrste korelacije prema *Roemer-Orphalu* (Tablica 2.). Razlučivanje sličnosti između ploha pomogla je klaster analiza, koja je s obzirom na izabrane varijable (ds, h, DS, g, v) omogućila grupiranje u pet klastera, koji su formirani sa potpunom vezom (*complete linkage*) (Grafikon 1.).

Tablica 2. Mihajlovljeve funkcije visinskih krivulja po klasterima
 Table 2. Mihajlov's function for each cluster

KLASTER	Mihajlovljeve funkcije visinskih krivulja po klasterima	r	r ²	Roemer i Orphal (prema Đ. Vasilj)
1	$h = 19.03991917 * \text{Exp}(10.2994576/d) + 1.3$	0.4762	0.2267	srednja
2	$h = 9.647463629 * \text{Exp}(4.98460849/d) + 1.3$	0.5674	0.3219	jaka
3	$h = 15.39432392 * \text{Exp}(-5.87334677/d) + 1.3$	0.3159	0.0998	slaba
4	$h = 9.76184907 * \text{Exp}(5.76619712/d) + 1.3$	0.4132	0.1708	srednja
5	$h = 11.2855913 * \text{Exp}(5.37641687/d) + 1.3$	0.4691	0.2201	srednja



Grafikon 1. Euklidinove udaljenosti – potpuna veza
 Graph 1. Euclidean distances – Complete linkage

Na temelju tako provedene klasterne analize naše su plohe podijeljene u pet jasno uočljivih skupina (Grafikon 1.), odnosno klastera, koji se gotovo u potpunosti podudaraju po svih pet metoda klasterne analize.

Varijable (*variables*) su bile prsni promjer ($d_{1.30}$), visina stabla (h), visina do prve žive grane (h_d), širina krošnja (D), temeljnica (g) i volumen (v). Nakon formiranih klastera izvršen je obračun izvedene jedinice volumena na dva načina za svaki klaster:

- volumen (v'') određen pomoću prsnog promjera, stvarne visine i dvoulaznih tablica
- volumen (v) određen pomoću prsnog promjera, izjednačene visine i dvoulaznih tablica.

Ukupni volumen (volumen svih stabala) i njegov varijabilitet u pojedinom klasteru dobiven na prethodno objašnjena dva načina, testiran je t – testom i F – testom (Tablica 3.). Pošto su sastojine u istraživanom području približno iste starosti i istog uzgojnog stanja, dendrometrijske veličine se nalaze u okviru sličnih raspona, provedena je analiza varijance (ANOVA) za sve varijable u svakom klasteru, da bi se ustanovilo koja varijabla ima najviše utjecaja na iskazivanje volumena. (Tablica 4.).

Tablica 3. Primjer t i F testa za cluster 1
 Table 3. Example of t and F test for cluster 1

CLUSTER 1		
t-Test: Paired Two Sample for Means		
	Var1 (v)	Var2 (v'')
Sredina Mean	0,516465	0,792583
Varijanca Variance	0,033891	0,143916
Promatranja Observations	30	30
Pirsonova korelacija	0,774613	
Pearson Correlation	0,774613	
Stupnjevi slobode df	29	
t – vrijednost t Stat	-5,732132	
P(T<=t) one-tail	1,66E-06	
t Critical one-tail	1,699127	
P(T<=t) two-tail	3,33E-06	
t Critical two-tail	2,045231	
F-Test Two-Sample for Variances		
	Var1 (v)	Var2 (v'')
Sredina Mean	0,516465	0,792583
Varijanca Variance	0,033891	0,143916
Promatranja Observations	30	30
Stupnjevi slobode df	29	29
F	0,235489	
P(F<=f) one-tail	0,000103	
F Critical one-tail	0,537399	

Tablica 4. Primjer analize varijance za cluster 2
 Table 4. Example of variance analysis for cluster 2

Variable	Analiza varijance Analysis of Variance (Spreadsheet3 in CLUSTER2 sirovi) Marked effects are significant at $p < .05000$						
	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F
ds	516,336	11	46,940	9527,113	158	60,30	0,778
h	169,942	11	15,449	518,964	158	3,28	4,704
DS	66,490	11	6,045	484,112	158	3,06	1,973
g	0,009	11	0,001	0,102	158	0,00	1,212
v	0,267	11	0,024	2,635	158	0,02	1,457

Ispitivanjem korelacije po klasterima za:

- volumen kao funkcije prsnog promjera $v=f(d_s)$
- temeljnice kao funkcije prsnog promjera $g=f(d_s)$
- širina krošanja kao funkcije prsnog promjera $D_s=f(d_s)$
- visine kao funkcija širine krošanja $h=f(D_s)$,

vidljivo je da postoje varijabilnosti između volumena, širine krošanja sa prsnim promjerom, kao i visina sa širinom krošnje, jedino temeljnica ima standardnu zakonitost.

Nakon provedene analize varijance po svim klasterima, ustanovljeno je da postoje slijedeće signifikantnosti između istraživanih varijabli (d_s, h, D_s, g, v)

- KLAŠTER 1 – nema signifikantnosti
- KLAŠTER 2 – visine i širine krošanja pokazuju signifikantnost
- KLAŠTER 3 – visine i širine krošanja pokazuju signifikantnost
- KLAŠTER 4 – visine pokazuju signifikantnost
- KLAŠTER 5 – visine pokazuju signifikantnost

Uočljivo je da je visina najsignifikantniji strukturni element, te je napravljen Duncanov test u klasterima 2, 3, 4, 5, da se vidi na kojim plohama navedeni elementi utječu na volumen pojedinih ploha.

Postavljena je nul hipotezu $H_0: V=V^0$, te su testirane srednje vrijednosti i njihove varijance. Kritične vrijednosti jednostranog i dvostranog t -testa, ukazuju da postoje, u svim klasterima, signifikantne razlike u srednjim vrijednostima volumena, a najveće razlike su u klasterima 1, 3 i 5. Različitost srednjih vrijednosti mogu se objasniti činjenicom da alepski bor ne tvori homogene cjeline (sastojine), već su to pojedine grupe i grupice stabala.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Na temelju rezultata istraživanja upotrebljivosti višefaznog uzorka u inventarizaciji velikih šumskih površina u našim uvjetima na istraživanom području otoka Ugljana, mogu se iskazati slijedeći zaključci:

- Višefazni uzorci se mogu koristiti uz prethodno dobro isplanirani izvedbeni plan svih faza rada u svakoj utvrđenoj fazi uzorka;
- Na osnovu prikupljenih podataka iz cikličkog snimanja Republike Hrvatske, izrađeni su digitalni model reljefa (DMR) i digitalni ortofoto (DOF)
- Aerofotosnimci sadašnjeg cikličkog snimanja Republike Hrvatske u mjerilu M 1:20 000 se mogu koristiti samo za fotointerpretaciju stratuma, te utvrđivanja površina stratuma na digitalnom ortofotu (DOF)
- Na temelju interpretacije izlučenih stratuma može se planirati mreža uzoraka u drugoj i trećoj fazi (aerofototaksacija i terestrička izmjera).
- Navedeno mjerilo ($M \approx 1 : 20.000$) se ne može koristiti za fotointerpretaciju vrsta drveća (pogotovo u makiji) i izmjeru potrebnih veličina koje će se koristiti u aerofototaksaciji. Za preporučiti je prema svjetskim (npr. Švicarska...) i domaćim iskustvima da za tu svrhu moraju biti aerosnimci mjerila krupnijeg od $M \approx 1 : 10.000$, radi dobivanja kvalitetnog stereomodela za fotointerpretaciju i aerofototaksaciju.
- Rezultati terestričke izmjere strukturnih elemenata vegetacije (d_s, h, D_s, g, v, v^*), koji su utvrđeni višefaznim uzorkom u trećoj fazi na primjeru istraživanog područja mogli bi se koristiti u uređajnoj inventuri iako su malog intenziteta $I = 3.5\%$ od druge faze, odnosno vrlo mali intenzitet $I = 0.35\%$ od ukupne površine stratuma alepskog bora, uz prethodno uspoređivanje rezultata izmjere druge faze na stereoparovima aerofotosnimaka prema LOETSCH I HALLER 1973. Uspoređivanje se nije moglo učiniti iz razloga prije navedene nedovoljne kvalitete aerofotosnimaka cikličkog snimanja RH.
- Procjena ukupnog volumena (v) uzorka metodom izjednačene visinske krivulje i dvoulaznih volumnih tablica ima CV 54.30%, dok procjena ukupnog volumena (v^*) uzorka metodom stvarne visine i dvoulaznih tablica ima CV 68.10%, što znači da je prva metoda realnije prikazala procjenu volumena cijelog stratuma alepskog bora.

LITERATURA

REFERENCES

- BENKO, M., NONOTNY, V., SZIROVICZA, L., BEZAK, K., VRBEK, B., 1997: Volumne tablice alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.), Radovi – Šumarski institut Jastrebarsko, Izvanredno izdanje 6:1-138, Jastrebarsko.
- HARTIGAN, J., A., 1975: Clustering algorithms, 1-351.
- KALAFADŽIĆ, Z., KUŠAN, V., 1991: Visoka tehnologija u inventuri šuma. Šum. list 115 (11-12): 509-520, Zagreb.
- KLOBUČAR, D., 2002.: Mogućnost primjene aerofotosnimaka iz cikličkog snimanja Republike Hrvatske u uređivanju šuma. Magistarski rad, 176 pp, Zagreb.
- KUŠAN, V., 1991.: Mogućnost određivanja taksacijskih elemenata šumskih sastojina metodom fotointerpretacije uz pomoć prirasno-prihodnih tablica. Magistarski rad, 77 pp, Zagreb.
- LOETSCH-HALLER, 1973: Forest Inventory. Vol 1. BLV Verlagsgesellschaft, 436 pp., München.

- LOETSCH-ZÖHRER-HALLER, 1973: Forest Inventory. Vol 2. BLV Verlagsge-sellschaft, 469 pp., München,
PRANJIC, A., LUKIĆ, N., 1997.: Izmjera šuma. Zagreb, 405 pp.
PERNAR, R., 1998: Application of results of aerial photograph interpretation and geographical information system for planning in forestry. Glasnik za šumske pokuse Vol. 34: 141-189, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
TOMAŠEGOVIĆ, Z., 1986.: Fotogrametija i fotointerpretacija. Zagreb, 157 pp.

MULTI-STAGE SAMPLE IN FOREST INVENTORY

Summary

The aim of this paper was to verify and confirm applicability of multi-stage sample in inventarisation of forest areas. A locality in Forest administration Split, forest enterprise Zadar, management unit Zadarski otoci, the island of Ugljan was chosen for this purpose. Research was conducted on the afore mentioned locality with the goal of determining options for obtaining satisfactory results of estimation of stand structural elements, which can be used in forest management measurements, with the lowest possible sampling intensity and by using multi-stage sample. Digital relief model (DRM) and digital orthophoto (DOP) were created, in which different stratum were extracted and sample network was planned in following phases (phase I: photointerpretation, phase II: selection of sample unit for aerial-photo appraisal, phase III: selection of sample unit for terrestrial measurement). On the basis of interpretation of extracted strata from digital orthophoto (DOP), a sample network in second and third phase can be planned.

Research results confirmed the applicability of multi-stage samples, provided there was a well planned implementation plan of all work phases in each determined sample phase.

Key words: forest inventory, digital orthophoto, multi-stage sample