

UDK 630\*58:582.632.2

Оригинални научни рад

<https://doi.org/10.2298/GSF2430007B>

## ПРИМЕНА ДАЉИНСКЕ ДЕТЕКЦИЈЕ У ИНВЕНТУРИ МЕШОВИТИХ ШУМА ХРАСТА ЛУЖЊАКА

др Драган Борота, доцент, Универзитет у Београду-Шумарски факултет, dragan.borota@sfb.bg.ac.rs  
<https://orcid.org/0000-0001-6825-2085>

др Дамјан Пантић, редовни професор, Универзитет у Београду-Шумарски факултет  
<https://orcid.org/0000-0003-2523-9619>

Маст. инж. шум. Раденко Поњарац, ЈП „Војводинашуме“ <https://orcid.org/0000-0001-5690-5237>

др Александар Поповић, научни сарадник, Универзитет у Београду-Шумарски факултет  
<https://orcid.org/0000-0002-4061-3421>

**Извод:** У високим, мешовитим, средњедобним и дозревајућим састојинама храста лужњака тестирана је могућност примене аерофотограметрије у инвентури, како за одређивање информација везаних за опис станишта и састојине, тако и за одређивање нумеричких елемената (броја стабала, темељнице и запремине на хектару) добијених на основу података очитаних са снимка (пречника крошње, висине и процењеног прсног пречника стабла на основу изабраног математичког модела). Већину информација из домена описа станишта и састојине, а посебно оне које се односе на њене приземне делове (заступљеност мртвог покривача, приземне вегетације, жбуња, корова, подмлатка и степена његовог оштећења, итд.) није било могуће идентификовати на снимку. Када су у питању просечан број стабала, темељница и запремина састојине на хектару, добијени на бази података очитаних са авио снимка, констатована је значајна разлика у односу на вредности добијене терестричким премером. У средњедобним састојинама број стабала одређен на основу авио снимка већи је за 21,5%, а у дозревајућим је мањи за 9,5% у односу на вредности добијене потпуним премером. Код средњедобних састојина темељница АП-1 већа је за 13,5%, а АП-2 за 15,6% у односу на вредности овог елемента добијеног потпуним премером. Код дозревајућих састојина ова одступања износе 13,1% и 3,7%. Запремина састојине је елемент код којег су констатована највећа одступања у односу на потпуни премер. У средњедобним састојинама разлика износи 31,0% и 28,1%, а у дозревајућим 37,9% код АП-1 и чак 67,1% код АП-2. Узроци немогућности прецизне интерпретације већине информација везаних за опис станишта и састојине, као и значајних разлика нумеричких елемената у односу на потпуни премер налазе се у широким и међусобно испреплетаним крошњама (густом склопу) храста који заузима горњи спрат и вертикалној структурираности ових мешовитих састојина. Добијени резултати елиминишу могућност примене аерофотограметрије у инвентури конкретних шума, јер не обезбеђује поуздан информациони основ за израду реалних планова газдовања шумама. Простор за њену примену постоји у диференцирању начина коришћења земљишта, лоцирању пожаришта, површина погођених орканским ветровима и другим непогодама итд, па и у инвентури чистих састојина ређег склопа.

**Кључне речи:** аерофотограметрија, мешовите шуме лужњака, информације о станишту и састојини, нумерички елементи

**Abstract:** In high, mixed, middle-aged and maturing Penduculate oak stands, the possibility of using aerial photogrammetry in the inventory was tested, both to obtain information related to site and stand information and to determine numerical elements (number of trees, basal area and volume per hectare) obtained on the basis of data read from the images (crown diameter, height and estimated breast height diameter of the tree based on the selected mathematical model). Most of the information from the site and stand information, especially the information about the above-ground parts of the forest (presence of dead cover, ground vegetation, shrubs, weeds, saplings and the degree of their damage, etc.) could not be identified from the image. There was a significant difference in the average number of trees, basal area of stands and stand volume per hectare determined on the basis of aerial image data, compared to the values determined by the terrestrial survey. In middle-aged stands, the number of trees determined from aerial image is 21.5 % higher and in maturing stands 9.5 % lower than the values determined by a total measurement. In middle-aged stands, the basal area AP-1 is 13.5 % higher and AP-2 15.6 % higher than the values determined in the total measurement. In the maturing stands, these deviations are 13.1 % and 3.7 %. The stand volume is the element with the greatest deviations compared to the total measurement. In middle-aged stands the difference is 31 % and 28.1 %, and in maturing stands 37.9 % in AP-1 and even 67.1 % in AP-2. The reasons for the impossibility of a precise interpretation of most of the information related to the information of the site and the stand and for the significant differences in the numerical elements compared to the total measurement lie in the broad and intertwined crowns (dense canopy closure) of the oaks in the upper storey and in the vertical structure of these mixed stands. The results obtained exclude the use of aerial photogrammetry in the inventory of this certain forests, as it does not provide a reliable information basis for the development of realistic forest management plans. Possible applications exist in distinguishing of land use, locating fire areas, areas affected by hurricanes and other disasters, etc., and even in the inventory of pure stands with low canopy closure.

**Keywords:** aerial photogrammetry, mixed Penduculate oak forests, site and stand information, numerical elements

## 1. УВОД

Једна од примарних вредности података који се прикупљају инвентуром шума је да својом поузданошћу пруже реалан основ планерима за одабир одговарајућих мера газдовања шума. Сагледавањем информација из претходних уређајних периода и увидом у тренутно стање шумских ресурса, могу се одредити најпогодније методе и технике газдовања шумама у будућем периоду. У том смислу, инвентура шума је основ за добијање квалитетних података у циљу обезбеђивања трајног газдовања шумским ресурсима (Pranjić, Lukić, 1997; Banković, Pantić, 2006). Одрживо газдовање шумама, које обухвата друштвене и еколошке аспекте, захтева интензивнију ин-

вентуру, односно систематско прикупљање података о шумама, како би се јасно дефинисали приоритети газдовања (Valls *et al.*, 2012; Gordiev *et al.*, 2021). Стога, добијање поузданих информација о стању шумског фонда захтева прецизне и проверене методе и технике прикупљања података. Поред поузданих квантитативних информација, за шумарство исти значај имају и квалитативне информације везане за опис станишта и састојине. Фотограмetriја и фотоинтерпретација у инвентури свој израз добијају у просторној подели на одсеке, за утврђивање тачне површине издвојених елемената шумског простора и за одређивања нумеричких елемената стабала и састојина (Janić, 1989; Tubić, 2005; Borota, 2011; Pantić *et al.*, 2012/b, Borota, 2018). Истраживања

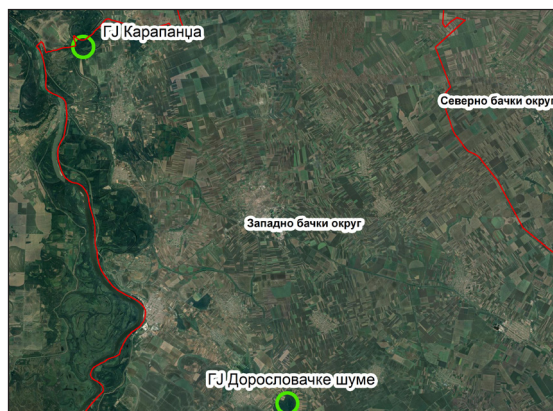
у Хрватској, у подручју "Доња Купчина - Писаревина" (Balenović *et al.*, 2012), показала су добре резултате примене фотоинтерпретације за издвајање састојина у којима су доминантне врсте хрст китњак, буква, граб, црна јова и тополе. Када су у питању терестрички прикупљени подаци, потпуни премер даје најпоузданије информације, али је неекономичан, посебно код примене на великим површинама. Делимични премер, заснован на техници узорка, и поред низа предности, мање је тачан од потпуног премера. Модерне технике побољшавају капацитет инвентуре шума у смислу бржег и економичнијег обезбеђивања поузданих податка. Једна од примарних предности коришћења аерофотограметрије је њена способност да пружи свеобухватне податке о висини стабала, пречнику и површини крошњи, који су од суштинског значаја за одређивање низа производних и структурних елемената састојине, нпр. броја стабла, запремине и њихових дистрибуција, склопа итд. (Islami *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2021). Заснована на употреби беспилотних летелица, фотограметрија знатно је побољшала могућност мерења висина стабала иако и даље постоје проблеми преклапања грана суседних стабала, а самим тим и потцењивања висина код њиховог одређивања (Krause

*et al.*, 2019). Такође, интензивнијом применом даљинске детекције може се повећати тачност прикупљених гео просторних података, што битно доприноси познавању просторне структуре шума и очувању биодиверзитета шумских екосистема. Генерално, у комбинацији са терестричком инвентуром, може се постићи задовољавајућа тачност података за различите нивое планирања и друге видове употребе у шумарству (Pantić *et al.*, 2012/a).

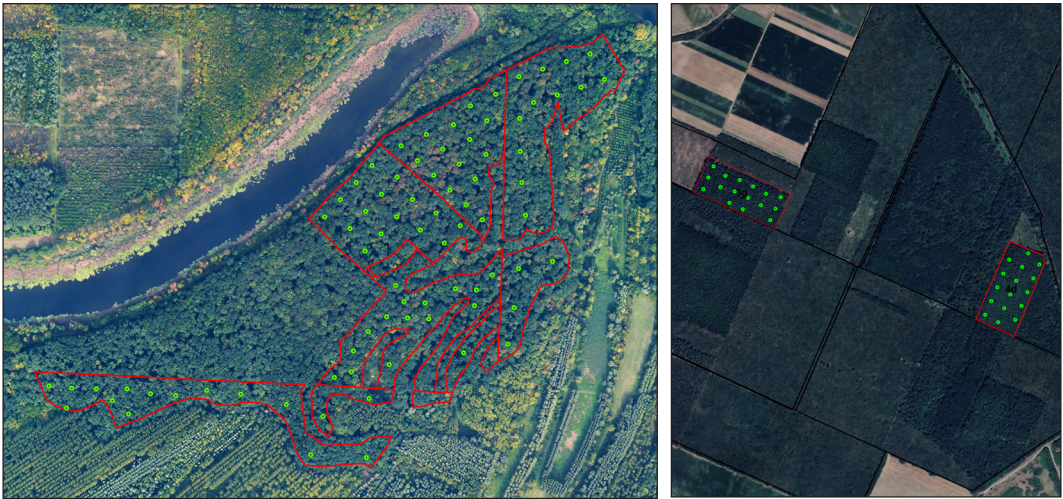
Циљ ових истраживања је да се упоредном анализом нумеричких и атрибутивних информација о састојинама храста лужњака, добијених терестричком инвентуром и аерофотограметријом, сагледа могућност и ефикасност примене даљинске детекције, при чему је акценат стављен на информације из домена описа станишта и састојине.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Истраживања су спроведена на огледним пољима (ОП) постављеним у вештачки подигнутим, мешовитим шумама храста лужњака у газдинским јединицама (ГЈ) „Карапанца“ и ГЈ „Дорословачке шуме“, којима газдује шумско газдинство (ШГ) Сомбор (слика 1).



**Слика 1.** Просторни распоред ГЈ у којима су реализована истраживања  
**Figure 1.** Spatial distribution of the MU in which the research were carried out



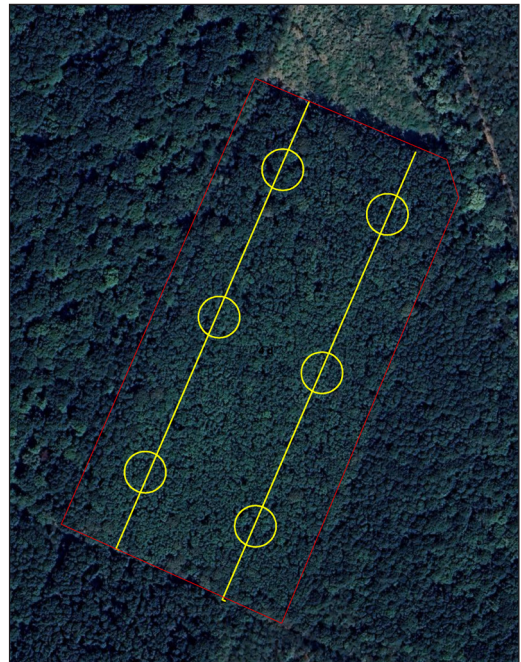
**Слика 2.** Просторни распоред ОП у шумама хрста лужњака ГЈ „Карапанџа“ (лево) и ГЈ „Дорословачке шуме“ (десно)

**Figure 2.** Spatial distribution of the RP in the oak forests of the MU “Karapandža” (left) and the MU “Doroslovačke šume” (right)

Постављено је 7 ОП, 2 у мешовитим, средњедобним састојинама и 5 у мешовитим, дозревајућим састојинама лужњака. Величина ОП је износила 3,70-6,06 ха, просечно 4,5 ха, док је укупна површина огледних поља (узорка) била 33,41 ха.

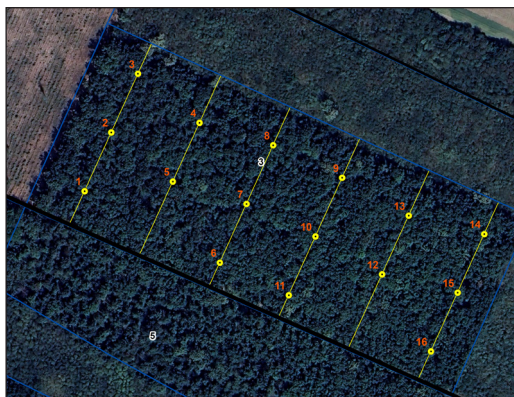
### 2.1. Прикупљање података

На ОП извршен је премер основних дендрометријских величина појединачних стабала - прсни пречници, висине и полупречници крошњи. На сваком ОП примењен је потпуни, делимични и премер на авио снимцима. Код потпуног (тоталног) премера по целој површини ОП мерени су пречници свим стаблима изнад таксационе границе од 10 см, док су висине стабла и полупречници крошњи мерени на пунктовима који су распоређени преко ОП на два правца (на 1/4 и 3/4 ширине ОП) на којима су постављена 3 пункта (на 1/4, 1/2 и 3/4 дужине правца) (слика 3). Помоћу GPS уређаја снимљен је центар сваког пункта и х,у позиција сваког премереног стабала на пункту.



**Слика 3.** Распоред пунктова за премер висина и крошњи стабала у оквиру потпуног премера

**Figure 3.** Distributions of the locations for measuring the heights and crowns of trees within a total Inventory



**Слика 4.** Пример распореда примерних површина на ОП у шумама лужњака

**Figure 4.** An example of the distribution of sample plots on the RP in oak forests

Када је у питању делимични премер, примерне површине кружног облика систематски су распоређене преко ОП. На тзв „обичним“ примерним површинама мерени су пречници стабала, а на детаљним, поред пречника, мерене су висине и крошње стабала (слика 4).

Величина ОП, укупан број примерних површина, број детаљних примерних површина, растојање и интензитет премера приказани су у табели 1.

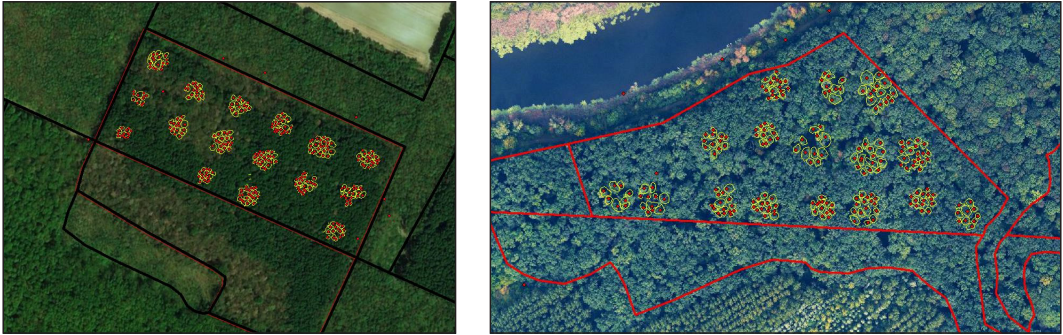
Након пројектовања мреже примерних површина у GIS софтверу утврђене су позиције примерних површина, одређене су X и Y координате њихових центара и као такве, у векторском облику, за свако ОП пренете су у аерофотограметријску станицу. На овај начин омогућено је да се на истим позицијама на авио снимцима изврши премер фото примерних површина. Поред позиција примерних површина у фотограметријску станицу пренете су и снимљене GPS координате позиција премерених стабала на применним површинама, односно X и Y координате стабала премерене на терену поуздано идентификују на фото примерним површинама, односно авио снимцима (слика 5). Иста процедура је спроведена и када су у питању позиције центара пунктова и позиције стабала на њима код потпуног премера.

Висине и крошње стабала мерене су на детаљним примерним површинама код делимичног премера, односно на пунктовима код тоталног премера. Висине су мерене ултразвучним висиномером Vertex 3. Полупречници крошњи мерени су помоћу Кроненспиегел инструмента у 8 праваца. Код стабала храста која су крива и која су имала

**Табела 1.** Елементи делимичног премера у шумама храста лужњака

**Table 1.** Elements of a sampling measurement in the Penduculate oak forests

ОП	Површина ОП (ha)	Број примерних површина	Број детаљних примерних површина	Растојање између примерних површина (m)	Величина примерних површина (ари)				% примерних површина
					1	2	5	10	
3/g	5,35	16	4	58	-	-	16	-	14,95
4/d	5,43	16	4	58	-	4	12	-	12,52
3/a	6,06	16	4	62	-	-	3	13	23,93
4/a	3,70	16	4	48	-	-	5	11	36,49
4/b	4,00	16	4	50	-	2	3	11	32,25
4/g	4,47	16	4	53	-	-	11	5	23,49
6/b	4,40	16	4	52	-	-	16	-	18,18
	33,41	112	28						

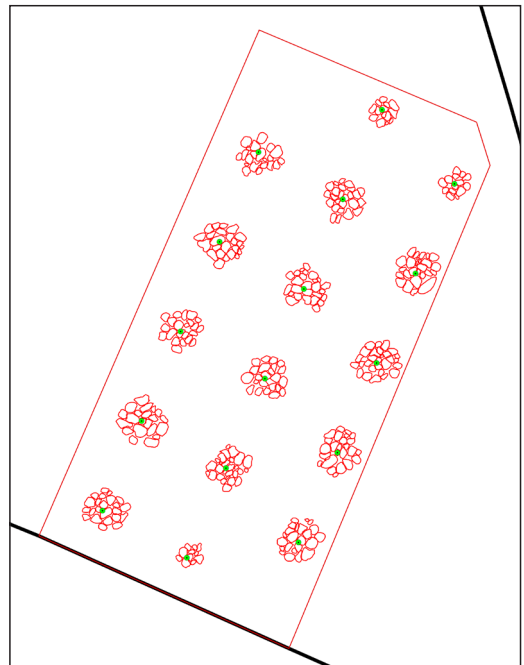
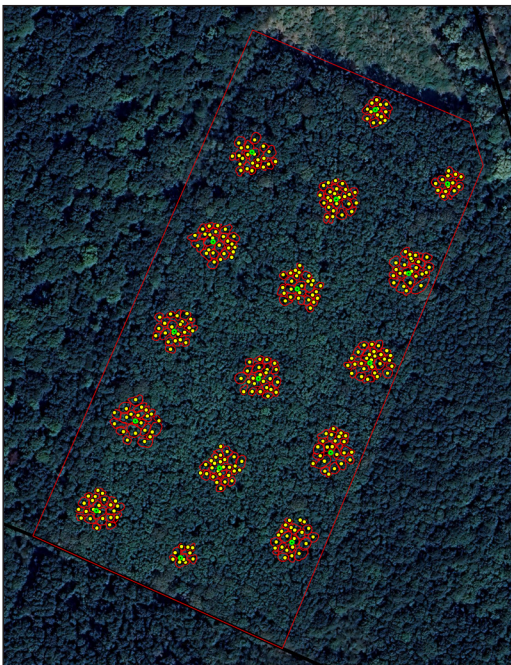


**Слика 5.** Позиције стабала на примерним површинама у ГЈ „Дорословачке шуме„ и ГЈ „Карापанджа“  
**Figure 5.** Tree positions on sample plots in MU „Doroslovačke šume“ and “ MU „Karapandža“

јако ексцентричне крошње, самим тим и измештен центар, нису мерени полупречници крошњи.

У састојинама храста лужњака површине хоризонталних пројекција крошњи су мерене унутар кружних примерних површина које су идентичне примерним површинама из терестричке инвентуре (слика 6).

Поред наведених елемената, на ОП је извршена и процена појединих информација из описа станишта и састојине, које заједно са нумеричким (структурним) елементима представљају основ за планирање газдовања. Разматране су само оне информације које је могуће проценти на авио снимку и проверити на терену (табела 2).



**Слика 6.** Позиције стабала и дигитализованих крошњи на ОП у састојини лужњака  
**Figure 6.** Positions of trees and digitized tree crowns on the RP in a oak stand

**Табела 2.** Информације о станишту и састојини процењиване терестрички и на авио снимцима  
**Table 2.** Site and stand information assessed terrestrial and from aerial images

ИНФОРМАЦИЈЕ ОПИСА СТАНИШТА	
Површина одсека (чистине)	
Врста (начин коришћења) земљишта	
Воде (баре, плавне воде итд.)	
Мртви покривач	1. нема 2. слабо заступљен 3. средње заступљен 4. обилно заступљен
Заступљеност приземне вегетације	1. нема 2. ретка 3. средње густа 4. густа 5. врло густа
Заступљеност жбуња	1. нема 2. ретко 3. средње густо 4. густо 5. врло густо
Закоровљеност	1. нема 2. слаба 3. средња 4. јака 5. потпуна
ИНФОРМАЦИЈЕ ОПИСА САСТОЈИНЕ	
Врсте дрвећа	
Очуваност састојине	1. очувана 2. разређена 3. девастирана
Мешовитост	1. чиста 2. мешовита
Смеша	1. стаблимична 2. групимична 3. групимична и стаблимична 4. у пругама 5. у спратовима
Склоп	1. врло густ 2. густ 3. потпун 4. непотпун 5. редак 6. врло редак 7. прекинут
Здравствено стање састојине	1. веома добро 2. добро 3. осредње 4. незадовољавајуће
Степен угрожености	1. веома велики 2. велики 3. средњи 4. мали 5. не постоји
Присуство подмлатка	1. густ 2. задовољава (на око 70-90% површине одсека) 3. не задовољава (на око 30 до 60% површине одсека) 4. местимичан 5. не јавља се
Квалитет подмлатка	1. веома добар 2. добар 3. осредњи 4. слаб 5. застарчен
Оштећеност подмлатка	1. без оштећења 2. незнатна 3. средња 4. слаба

## 2.2. Обрада података

Обрада података је извршена стандардним дендрометријским и математичко – статистичким методама. Терестричким премером прсни пречник стабала добија се директним мерењем, што осигурава високу прецизност његовог одређивања. С друге стране, код аерофотограметријског премера прсни пречник није могуће директно прочитати са снимка, те је добијен посредним путем - преко математичких модела типа  $d = f(h, P_{kr})$ , који омогућавају његову предикцију на бази елементима који се могу читати са снимка. Ови модели су израђени на основу

терестрички података. Aldred и Kippen (1967) користе модел типа  $d = f(P_{kr})$ , а Jakobsons (1970), Petlewitz (1976) и Pernar (1997) модел типа  $d = f(D_{kr})$ . Поједини аутори препоручују увођење већег броја независно променљивих које се могу читати са снимка  $d = f(h, P_{kr}, N)$  (Томашеговић, 1961; Talts, 1977; Kalliovorta, Tokola, 2005). У наведеним моделима  $h$  је висина стабла,  $D_{kr}$  пречник крошње,  $P_{kr}$  површина крошње, а  $N$  број стабала на  $ha$ . За одређивање прсног пречника у овим истраживањима тестиран је велики број функција. У намери да се израчунавање прсног пречника стабла учини практичнијим, обједињени

**Табела 3.** Статистички параметри изабраних модела за процену прсног пречника стабала у састојинама храста лужњака различитих развојних фаза и степена мешовитости**Table 3.** Statistical parameters of the selected models for estimating the breast diameter of trees in Penduculate oak stands of different development stages and mixtures

Развојна фаза	R	R <sup>2</sup>	Std. Err.	F	Sig.	RSS	AIC	a	b	c
Средњедобне	0,77	0,60	2,37	263,815	0,00	1943,962	1.595,796	0,295	0,689	0,177
Дозревајуће	0,79	0,62	7,39	150,157	0,00	10006,754	1.257,105	0,183	0,817	0,176
Храстови	0,96	0,93	6,08	5005,076	0,00	30055,557	5259,076	-0,045	0,926	0,204

су емпиријски подаци за вештачки подигнуте средњедобне и дозревајуће састојине, и добијен је заједнички модел за све храстове састојине истраживаног подручја.

$$d = a \cdot P_{kr}^b \cdot h^c$$

Статистички параметри регресионе и корелационе анализе за изабране моделе приказани су у табели 3.

Након предикције прсног пречника стабала на фото примерним површинама, њиховог разврставања по дебљинским степенима и моделовања висинских крива, приступило се израчунавању основних нумеричких елемената, сумарно и по хектару, на начин како је то урађено и са подацима терестричког премера. На крају, вредности добијене на бази података потпуног и делимичног терестричког премера упоређени су са вредностима добијеним на основу података са фото примерних површина на авио снимцима. Циљ ове упоредне анализе био је да се оцени тачност и поузданост аерофотограметрије у инвентури мешовитих шума лужњака. Такође, урађена је и растерска анализа и приказане су вредности расподеле броја стабала и запремине по хектару за све одсеке код средњедобних и дозревајућих мешовитих састојина храста лужњака. Растерска анализа је заснована на терестричком делимичном премеру и аерофотограметријском премеру.

### 3. РЕЗУЛАТИ

#### 3.1. Информације везане за опис станишта и састојине

Поред анализе поузданости фотоинтерпретације у одређивању нумеричких елемената састојине, сагледана је и прецизност утврђивања информација везаних за опис станишта и састојине са снимака (табела 4, 5 и б).

Применом терестричке инвентуре шума идентификован је већи броја врста дрвећа у анализираним одсецима у односу на број врста детектованих путем авио-снимака. У одсеку 4/d терестричким премером евидентирано је шест, у одсеку б/б пет, у осталим анализираним одсецима по четири врсте дрвећа. За разлику од тога, на авио-снимцима је идентификована само једна врста – храст лужњак, што указује на ограниченост идентификације на снимку пратећих врста дрвећа у мешовитим састојинама (табела 4). Ограниченост проистиче из развијености и густине крошњи лужњака у средњедобним и дозревајућим састојинама, због чега пратеће врсте, које углавном расту у доњим спратовима, не успевају да се пробију кроз крошње храста и тако постану видљиве на снимцима. Зато је свако идентификовано стабло на снимку третирано као храст лужњак, чиме су мешовите састојине практично “преведене” у чисте састојине, што неповољно утиче на поузданост планирања, оцену специјског диверзитета итд.



**Табела 4.** Број регистрованих врста дрвећа по анализираним начинима премера

**Table 4.** Number of registered tree species by analyzed methods of measurement

Одсек		4/d	3/g	3/a	4/a	4/b	4/g	6/b
Врсте дрвећа	терестричка инвентура	42,75,43, 95,51,38	42,45, 43,38	42,43, 41,38	42,43, 75,40	42,43, 75,40	42,43, 41,95	42,43,41, 95,38
	авио снимак	42	42	42	42	42	42	42

**Лејенда:** 38-пољски брест, 40-остали меки лишћари-ОМЛ, 41-пољски јасен, 42-лужњак, 43-граб, 45-ситнолисна липа, 51-остали тврди лишћари-ОТЛ, 75-багрем, 95-клен

**Табела 5.** Упоредна анализа информација о станишту и састојини добијених фотоинтерпретацијом снимака и терестричком проценом у мешовитим, средњедобним састојинама храста лужњака

**Table 5.** Comparative analysis of site and stand information obtained from photo-interpretation of images and terrestrial assessment in mixed, medium-aged stands of Penduculate oak

Информације	4/d		3/g	
	Т	А	Т	А
Површина одсека (чистине)	5.43	5.43	5.35	5.35
Врста (начин коришћења) земљишта	шума	шума	шума	шума
Мртви покривач	средње заступљен	не види се на снимку	средње заступљен	не види се на снимку
Воде (баре, плавне воде итд.)	нема	нема	нема	нема
Заступљеност приземне вегетације	ретка	не види се на снимку	ретка	не види се на снимку
Заступљеност жбуња	средње густо	не види се на снимку	средње густо	не види се на снимку
Закоровљеност	нема	не види се на снимку	нема	не види се на снимку
Очуваност састојине	Очувана	Очувана	Очувана	Очувана
Мешовитост	Мешовита	Чиста	Мешовита	Чиста
Смеша	Стабимична	Стабимична	Стабимична	Стабимична
Склоп	густ	густ	густ	густ
Здравствено стање састојине	добро	добро	добро	добро
Степен угрожености	средњи	средњи	средњи	средњи
Присуство подмлатка	местимичан	не види се на снимку	местимичан	не види се на снимку
Квалитет подмлатка	добар	не види се на снимку	добар	не види се на снимку
Оштећеност подмлатка	незнатна	не види се на снимку	незнатна	не види се на снимку

**Лејенда:** Т-трестрички премер, А-авио снимак

**Табела 6.** Упоредна анализа информација о станишту и састојини добијених фотоинтерпретацијом снимака и терестричком проценом у мешовитим, дозревајућим састојинама храста лужњака  
**Table 6.** Comparative analysis of site and stand information obtained from photo-interpretation of images and terrestrial assessment in maturing mixed stands of *Pedunculata oak*

Информације	3/a			4/a			4/b			6/b		
	T	A	T	T	A	T	T	A	T	A	T	A
Површина одсека (чистине)												
Врста (начин коришћења) земљишта	шума	шума	шума	шума	шума	шума	шума	шума	шума	шума	шума	шума
Мртви покривач	средње заступљен	не види се на снимку	средње заступљен	не види се на снимку	не види се на снимку	средње заступљен	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	средње заступљен	не види се на снимку
Воде (баре, плавне воде итд.)	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема	нема
Заступљеност приземне вегетације	ретка	не види се на снимку	ретка	не види се на снимку	не види се на снимку	ретка	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	ретка	не види се на снимку
Заступљеност жбуња	ретко	не види се на снимку	ретко	не види се на снимку	не види се на снимку	ретко	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	ретко	не види се на снимку
Закоровљеност	нема	не види се на снимку	нема	не види се на снимку	не види се на снимку	нема	не види се на снимку	нема	не види се на снимку	нема	нема	не види се на снимку
Очуваност састојине	очувана	очувана	очувана	очувана	очувана	очувана	очувана	очувана	очувана	очувана	очувана	очувана
Мешовитост	мешовита	чиста	мешовита	чиста	чиста	мешовита	чиста	чиста	мешовита	чиста	мешовита	чиста
Смеша	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична	стабимична
Склоп	густ	густ	густ	густ	густ	густ	густ	густ	густ	густ	густ	густ
Здравствено стање састојине	добро	добро	добро	добро	добро	добро	добро	добро	добро	добро	добро	добро
Степен угрожености	местими-чан	не види се на снимку	местими-чан	не види се на снимку	не види се на снимку	местими-чан	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	местими-чан	не види се на снимку
Присуство подмлатка	Добар	не види се на снимку	Добар	не види се на снимку	не види се на снимку	Добар	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	Добар	не види се на снимку
Квалитет подмлатка	незнатна	не види се на снимку	незнатна	не види се на снимку	не види се на снимку	незнатна	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	незнатна	не види се на снимку
Оштећеност подмлатка	местими-чан	не види се на снимку	местими-чан	не види се на снимку	не види се на снимку	местими-чан	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	не види се на снимку	местими-чан	не види се на снимку

Од 17 анализираних информација које припадају категоријама описа станишта и састојине, према подацима у табелама 4, 5 и 6, на авио снимцима поуздано је одређено 8 када су у питању мешовите, средњедобне, односно 7 информација код мешовитих, дозревајућих састојина храста лужњака. Могућност одређивања информација из овог домена обрнуто је пропорционална густини и развијености крошњи горњег спрата и вертикалној изграђености састојина. Код вишеспратних састојина густог склопа није могуће одредити информације у доњим етажама састојине (мртви покривач, приземну вегетацију, заступљеност жбуња, подмлатка итд.), што значајно лимитира примену аерофотограметрије у овој фази инвентуре шума, односно усмерава је на просторна разграничења у шумарству, детекцију површина шума са штетама од пожара, орканских ветрова и сл., где у кратком временском периоду, на економичан начин, даје поуздане информације.

## 3.2. Нумерички елементи састојине

### 3.2.1. Средњедобне, мешовите састојине лужњака

Поузданост просечних вредности нумеричких елемената добијених на бази података очитаних са снимка утврђена је компарацијом са вредностима нумеричких елемената одређених на основу података терестричког, пре свега потпуног, премера (табела 7).

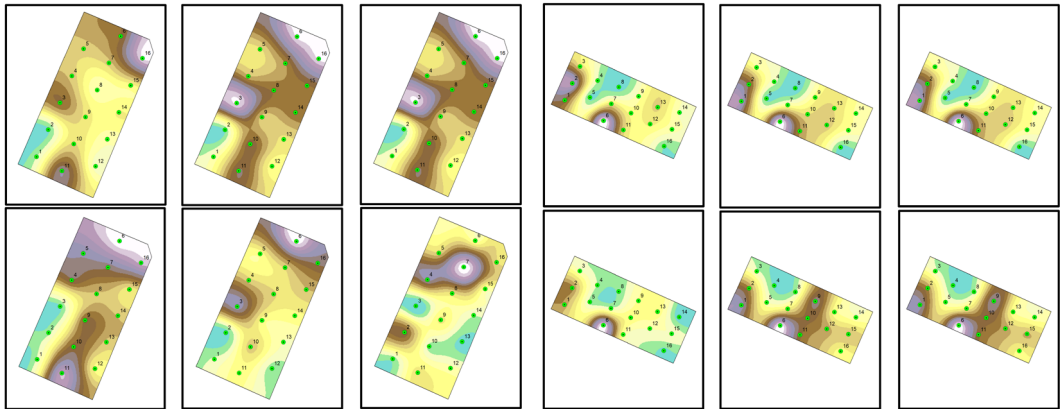
За сваки метод премера (ТП, ДП, АП1, АП2), за истраживане састојине, израчунати

су нумерички елементи и њихове просечне вредности ( $V/ha$ ,  $G/ha$ ,  $N/ha$ ) и урађена је упоредна анализа која је имала за циљ да се сагледају одступања вредности добијених ДП, АП1, АП2 у односу на вредности ТП као најтачнијег метода.

Просечна вредност броја стабала код средњедобних, мешовитих састојина храста лужњака добијена ТП износи 402,9 ком/ha, док је код терестричког ДП 539,4 ком/ha, што је за 33,9% више у односу на ТП. Када су у питању аерофотограметријски метод премера добијено је 489,7 ком/ha. Оба метода, АП-1 и АП-2, дају број стабала ближи вредностима овог елемента код ДП. Разлика у односу на ТП је јаче изражена и износи 21,5%, док је у односу на ДП мања, око 9,2%. Анализа просечних вредности запремине указује на изражене разлике између тестираних метода премера. ТП добијена је запремина од 263,6  $m^3/ha$ , док је код ДП она знатно већа и износи 420,5  $m^3/ha$ , што је за 59,5% више у односу на ТП. Вредности запремина добијених аерофотограметријским методама су ближе вредностима добијеним ДП него ТП. Код АП-1 просечна запремина износи 345,4  $m^3/ha$ , што је за 31% више у односу на ТП, док је код АП-2 337,7  $m^3/ha$ , односно 28,1% више у поређењу са ТП. Вредности запремине добијене АП-1 и АП-2 међусобно се минимално разликују - свега 7,7  $m^3/ha$ . И код темељнице састојине примећују се значајне разлике између различитих метода премера. Код ТП она износи 21,1  $m^2/ha$ , док је код ДП знатно већа и износи 67,1  $m^2/ha$ . Аерофотограметријске методе премера, АП-1 и АП-2, дају вредности овог елемента 24,0  $m^2/ha$  и 24,4  $m^2/ha$ . Иако су ове вредности бли-

**Табела 7.** Просечне вредности нумеричких елемената средњедобних, мешовитих састојина лужњака  
**Table 7.** Average values of the numerical elements of medium-aged mixed oak stands

Начин премера	ТП	ДП	АП-1	АП-2	Разлике	ТП	ДП	АП-1	АП-2
N (kom/ha)	402,9	539,4	489,7	489,7	$R_N$ (%)	-	33,9	21,5	21,5
G ( $m^2/ha$ )	21,1	67,1	24,0	24,4	$R_G$ (%)	-	217,7	13,5	15,6
V ( $m^3/ha$ )	263,6	420,5	345,4	337,7	$R_V$ (%)	-	59,5	31,0	28,1



**Слика 7.** Растерска анализа вредности расподеле N/ha (слике ред горе) и V/ha (слике ред доле) за одсеке 4/d (лево) и 3/g (десно) код средњедобних мешовитих састојина храста лужњака на бази терестричког делимичног и аерофотограмметријског премера

**Figure 7.** Raster analysis of the distribution values of N/ha (images in the top row) and V/ha (images in the bottom row) for stands 4/d (left) and 3/g (right) in medium-aged mixed oak stands based on terrestrial sampling and aerial photogrammetric measurement

же ТП него ДП, оне показују умерени пораст од 13,5% и 15,6% у односу на ТП. Разлика између АП-1 и АП-2 је минимална, само 0,4 m<sup>2</sup>/ha. Планирање на подацима АП-1 и АП-2 и реализација таквих планова довели би до значајних еколошких и економских проблема у конкретним условима.

Поред компаративне анализе, извршен је и приказ расподеле N/ha и V/ha путем растерске анализе. Растерска анализа је урађена на бази података добијених терестричким делимичним премером и аерофотограмметријским премером и показује разлике у вредностима нумеричких елемената по круговима између ова два метода премера код истраживаних састојина (слика 7).

### 3.2.2. Дозревајуће, мешовите састојине лужњака

Као и код средњедобних састојина, поузданост просечних вредности броја стабала, запремине и темељнице добијених на основу података очитаних са авио снимка утврђена је компарацијом са вредностима ових елемената добијених на основу података терестричког премера, пре свега ТП (табела 8).

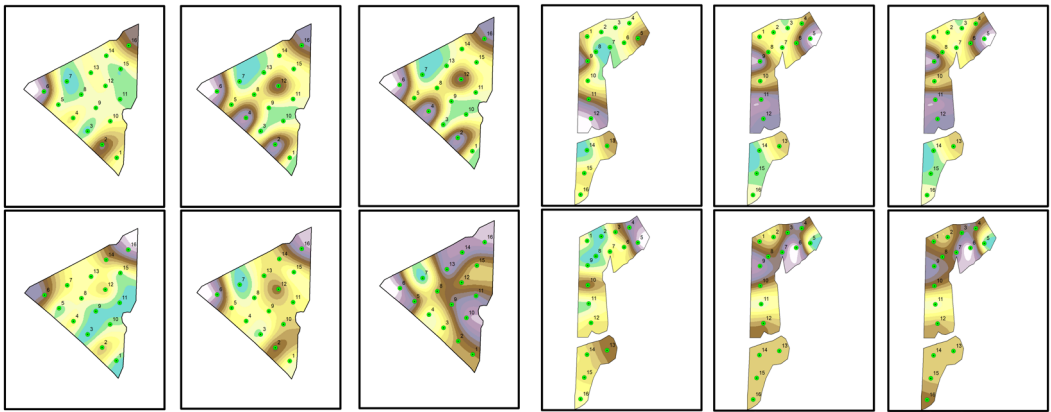
Просечна вредност броја стабала добијена ТП износи 250,3 ком/ha, код ДП је за 7,6% већа и износи 269,3 ком/ha. Методе аерофотограмметријског премера (АП-1 и АП-2) дају исти број стабала, 226,5 ком/ha, што је мање за 9,5% у односу на ТП. Темељница

**Табела 8.** Просечне вредности нумеричких елемената дозревајућих, мешовитих састојина лужњака  
**Table 8.** Average values of the numerical elements of maturing mixed Penduculate oak stands

Начин премера	ТП	ДП	АП-1	АП-2	Разлике	ТП	ДП	АП-1	АП-2
N (ком/ha)	250,3	269,3	226,5	226,5	R <sub>N</sub> (%)	-	7,6	-9,5	-9,5
G (m <sup>2</sup> /ha)	37,2	36,4	42,1	38,6	R <sub>G</sub> (%)	-	-2,3	13,1	3,7
V (m <sup>3</sup> /ha)	566,0	532,5	780,8	945,9	R <sub>V</sub> (%)	-	-5,9	37,9	67,1

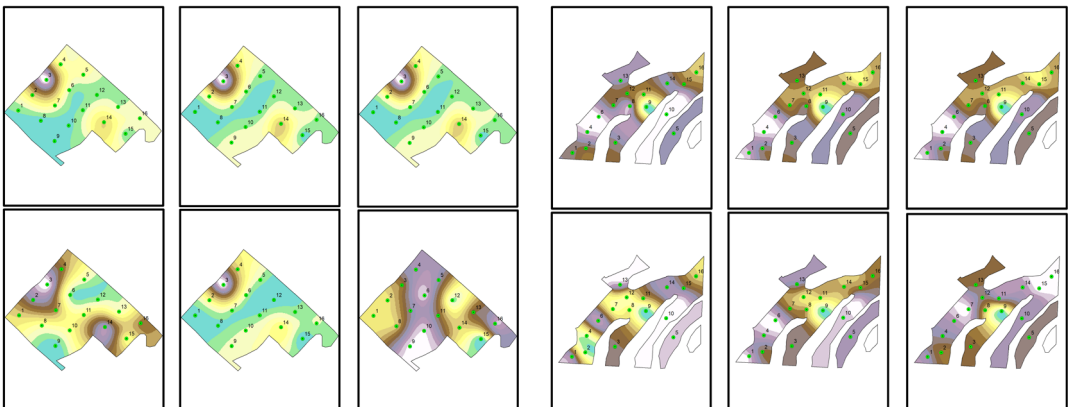
састојине код ТП износи  $37,2 \text{ m}^2/\text{ha}$ , код ДП је мања за 2,3% и износи  $36,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ . АП-1 и АП-2 дају веће вредности темељнице, при чему код АП-1 она износи  $42,1 \text{ m}^2/\text{ha}$ , што је 13,1% више од ТП, док је код АП-2  $38,6 \text{ m}^2/\text{ha}$ , што представља повећање од 3,7% у односу

на ТП. Просечна запремина код ТП износи  $566,0 \text{ m}^3/\text{ha}$ , код ДП је  $532,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ , што је разлика од -5,9%. Аерофотограметријске методе дају знатно веће запремине, при чему је код АП-1  $780,8 \text{ m}^3/\text{ha}$  (37,9% > ТП), а код АП-2 чак  $945,9 \text{ m}^3/\text{ha}$  (67,1% > ТП).



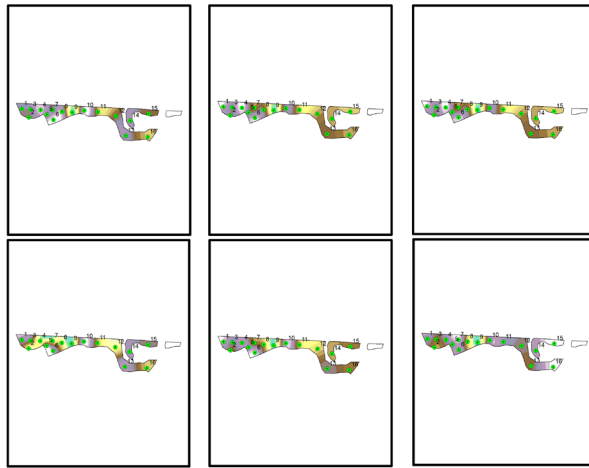
**Слика 8.** Растерска анализа вредности расподеле N/ha (слике ред горе) и V/ha (слике ред доле) за одсеке 4/a (лево) и 3/a (десно) код дозревајућих мешовитих састојина хрста лужњака на бази терестричког делимичног и аерофотограметријског премера

**Figure 8.** Raster analysis of the distribution values of N/ha (images in the top row) and V/ha (images in the bottom row) for stand 4/a (left) and 3/a (right) in maturing mixed oak stands on the basis of terrestrial sampling and aerial photogrammetric measurement



**Слика 9.** Растерска анализа вредности расподеле N/ha (слике ред горе) и V/ha (слике ред доле) за одсеке 4/b (лево) и 4/g (десно) код дозревајућих мешовитих састојина хрста лужњака на бази терестричког делимичног и аерофотограметријског премера

**Figure 9.** Raster analysis of the distribution values of N/ha (images in the top row) and V/ha (images in the bottom row) for stand 4/b (left) and 4/g (right) in maturing mixed oak stands on the basis of terrestrial sampling and aerial photogrammetric measurement



**Слика 10.** Растерска анализа вредности расподеле N/ha (слике ред горе) и V/ha (слике ред доле) за одсеке 6/b код дозревајућих мешовитих састојина храста лужњака на бази терестричког делимичног и аерофотограметријског премера

**Figure 10.** Raster analysis of the distribution values of N/ha (images in the top row) and V/ha (images in the bottom row) for stand 6/b in maturing mixed oak stands on the basis of terrestrial sampling and aerial photogrammetric measurement

Поред претходне компаративне анализе, извршен је и приказ расподеле N/ha и V/ha за све одсеке у дозревајућим, мешовитим састојинама храста лужњака путем растерске анализе. Растерска анализа, која је урађена на бази терестричког ДП и аерофотограметријског премера, показује разлике у вредностима нумеричких елемената по круговима између ова два метода премера. Такође, указује и на просторну дистрибуцију броја стабала и запремине по круговима и њихову просторну хетерогеност по одсецима (слика 8, 9 и 10).

#### 4. ДИСКУСИЈА

Шуме представљају један од најсложенијих екосистема на земљи који као „добро од општег интереса“ и природно обновљив ресурс има трајно непроцењив значај за

људско друштво (Medarević, 2006). Према Franklin (2001) и Hall (2003) једна од најзначајнијих предности аерофотограметрије и употребе снимака је та што за њихову фото интерпретацију није потребна никаква претходна обрада снимака, што свакако повећава практичну примену и снижава трошкове прикупљања података по овој методи. Савремени приступи, укључујући примену беспилотних летелица са мултиспектралним и термалним сензорима, такође пружају обећавајуће резултате. Дигитална фотограметрија (DF) је јефтинија и често доступнија, али је познато да је мање прецизна (Lindgren *et al.*, 2021). Ова комбинација омогућава снимање из различитих углова и на различитим висинама, што доприноси бољој идентификацији врста у густим шумама (He *et al.*, 2019). Свеукупно, примена аерофотограметрије побољшава ефикасност и обим истраживања у шумарству, али захтева

континуирано унапређивање алгоритама и сензорске технологије ради постизања тачности сличне теренским методама. Када су у питању информације везане за опис станишта и састојине, врста (начин коришћења) земљишта је информација која се могла поуздано утврдити на бази авио снимака код свих састојина храста лужњака. Јасно су идентификоване и категорије шума храста лужњака. Међутим, поред наведених категорија постоје и оне које се не могу поуздано идентификовати (степска вегетација, пешчарска вегетација итд), због чега је потребна теренска провера (Ponjars, 2015). Код мешовитих састојина лужњака присуство пратећих врста дрвећа (граба, јасена, бреста итд.) није било могуће одредити на снимку. Због густине и склопљености крошњи стабала храста лужњака ни у једном одсеку нису идентификоване пратеће врсте дрвећа, које се углавном налазе у доњем спрату, испод крошњи храстових стабала. Такође, узрок немогућности одређивања врсте дрвећа лежи и у томе што је идентификација рађена путем визуелне фотоинтерпретације на бази RGB авио снимака. Међусобно спојене крошње стабала доводе до погрешне интерпретације на авио снимцима (Balenović et al., 2017). Hren (1968, 1980) према Balenoviću (2017) у својим истраживањима истиче да се крошње лишћарских врста дрвећа много експанзивније шире од крошњи четинарских врста, што доводи до спајања крошњи лишћарских стабала, повећања густине склопа и веће шансе за погрешну фотоинтерпретацију, што је био случај и у овим истраживањима. Исте разлоге наводи Seletković (2016) у својим истраживањима. Због немогућности интерпретације пратећих врста у храстовим састојинама, свако стабло које је идентификовано на снимку рангирано је као храст лужњак, због чега су ове мешовите састојине „преведене“ у чисте састојине. Према томе, диференцирање састојина лишћарских врста дрвећа истог рода на чисте и мешовите на бази еле-

мената утврђених на снимку није могуће. Фотограмetriја заснована на беспилотним ваздушним системима (УАС), комбинована са теренским прикупљањем података, могла би послужити као добар алат за брзу инвентуру шума чак и у комерцијалне сврхе. Могући недостатак за примену ове методологије у пракси може бити вертикална структура шумских састојина где је тешко разликовати тачке које припадају стаблу од тачака које припадају нижим вегетацијским формама (Mikita et al., 2016). Мртви покривач, приземну вегетацију, заступљеност жбуња и закоровљеност није било могуће идентификовати ни у једној истраживаној састојини. У храстовим састојинама, терестричком проценом, утврђена је ретка приземна вегетација, док на авио снимцима њено присуство није регистровано. Разлог лежи у спајању и преклапању крошњи стабала, посебно код мешовитих храстових шума, као и у њиховој спратовности, односно присуству пратећих врста дрвећа у доњем спрату/спратовима. Закоровљеност земљишта се одређује у састојинама зрелим за сечу и састојинама у којима она условљава начин газдовања. У свим одсецима терестрички је констатовано одсуство закоровљености. Путем фотоинтерпретације на бази авио снимка није било могуће видети подножје стабала како би се утврдило присуство корова и површине на којој се јавља. Смеша састојине (стаблимична, групимична итд.) одређује се за мешовите састојине на основу просторног распореда стабала различитих врста дрвећа у састојини. Код свих мешовитих састојина храста лужњака на бази авио снимака утврђена је стаблимична смеша, што коинцидира са теренском проценом.

Одступање просечног броја стабала добијеног на бази снимака у односу на ТП износи просечно 21,5% за средњедобне састојине, док је код дозревајућих -9,5%. Balenović et al. (2013, 2015), наводе да је потцењивање броја стабала фотограме-

тријским премером готово неизбежно и најчешће долази због спојених крошања, када се два или више стабла интерпретирају као једно и са друге стране због засењених стабала на аероснимцима, па се поједина стабла уопште не могу уочити. У истраживањима које су спровели Van Laar и Akçа (2007) мањи број стабала се јавља такође као последица немогућности премера стабала која се налазе у подстојној етажи, што се потврдило и овим истраживањима. Naeset (1996) је чак и у састојинама четинара утврдио мањи број стабала, који се кретао у интервалу -5 до -47%. Eid *et al.* (2004) у културама четинара наводе да се одступања на нивоу састојине крећу од -59 од 96%. Kalafadžić, Kušan (1991) наводи да се број стабала може поуздано одредити једино у средњедобним и разређеним састојинама, где је мања склопљеност крошњама дрвећа, односно где је ређи склоп састојине. Темељнице добијене на основу података са снимака значајно одступају у односу на ТП. У средњедобним састојинама лужњака оно износи код АП-1 13,5%, код АП-2 15,6%, а код дозревајућих састојина ове врсте дрвећа 13,1% за АП-1 и 3,7% за АП-2. Одступања просечне запремине у односу на ТП још су израженија. У средњедобним састојинама она износе 31% и 28,1% на основу података АП-1, односно АП-2, док су у дозревајућим састојинама 37,9% и 67,1%. Анализа података добијених у средњедобним и дозревајућим, мешовитим састојинама храста лужњака показује да постоје значајне разлике између терестрички и аерофотограметријски одређених вредности броја стабала, темељнице и запремине на хектару. Ова разлика указује да је аерофотограметрија корисна за брзо добијање приближних резултата, мање тачности у односу на терестрички премер (Pantić, 2012/a). Наведени подаци упућују на потребу пажљивијег одабира метода у зависности од специфичних захтева и циљева инвентуре шума.

## 5. ЗАКЉУЧЦИ

Сублимирањем резултата истраживања везаних за могућност и поузданост примене аерофотограметрије у инвентури средњедобних и дозревајућих, мешовитих састојина храста лужњака могуће је извођење следећих закључака:

1. Информације о заступљеност мртвог покривача, приземне вегетације, жбуња, закоровљености, подмлађености, квалитету и оштећењу подмлатка, због покривености крошњама стабала (густог склопа), није било могуће утврдити на снимку.
2. Очуваност, склоп и здравствено стање поуздано су интерпретирани на снимку у свим састојинама
3. Мешовитост, због покривености крошњама стабала, није било могуће утврдити на снимку.
4. Заступљеност пратећих врста дрвећа у мешовитим састојинама лужњака (граб, клен, багрем итд), које обично заузимају доње спратове, није било могуће идентификовати, па су видљива стабла ових врста третирана као храст лужњак.
5. Одступања броја стабала, темељнице и запремине састојине добијених премером на снимцима у односу на потпуни премер су висока, због чега се не могу користити у процесу планирања газдовања шумама. Наведено не остављају простор за примену снимака у инвентури ових састојина, осим у домену прикупљања појединих информација везаних за опис станишта и састојине. То је озбиљан недостатак, сам по себи довољан да искључи могућност примене авио снимака у инвентури мешовитих шума храста лужњака.
6. Претходни закључак не искључује примену авио снимака у просторном разграничењу у шумарству, брзој идентификацији површина захваћених пожарима, олујним ветровима и другим непогодама,



без обзира на структурну изграђеност, мешовитост и склоп састојина, па ни у инвентури чистих састојина, ређег склопа.

### Захвалница

Захваљујемо се Министарству науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије које је финансирало ова истраживања на основу Уговора о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2024 години, евиденциони број 451-03-65/2024-03/ 200169 од 05.02.2024. године, као и ЈП „Војводинашуме“ и компанији *MapSoft* на логистичкој подршци током истраживања.

### ЛИТЕРАТУРА

- Aldred A. H., Kippen F. W. (1967): Plot volumes from large-scale 70-mm air photographs. *For. Sci.*, 13: 419–427.
- Balenović I., Seletković A., Pernar R., Marjanović H., Vuletić D., Benko M. (2012): Comparison of Classical Terrestrial and Photogrammetric Method in Creating Management Division. FORMEC, Forest Engineering - Concern, Knowledge and Accountability in Today's Environment, Dubrovnik (Cavtat), Croatia.
- Balenović I., Alberti G., Marjanović H. (2013): Airborne Laser Scanning – the Status and Perspectives for the Application in the South-East European Forestry. *SEEFOR*, 4 (2): 59-79.
- Balenović I., Seletković A., Pernar R., Jazbec A. (2015): Estimation of the mean tree height of forest stands by photogrammetric measurement using digital aerial images of high spatial resolution. *Annals of forest research*, 58 (1): 125-143.
- Balenović I., Seletković A., Pernar R. (2017): Usporedba tačnosti procjene strukturnih elemenata sastoјina fotogrametrijskom izmjerom aeronsnimaka različitih prostornih rezolucija. *Šumarski list*, CXLI (1-2): 15-28.
- Banković S., Pantić D. (2006): Dendrometrija. Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd.
- Borota D. (2011): Daljinska detekcija i aerofotogrametrija – osnovni principi i mogućnosti primene u inventuri šuma Srbije, master rad. Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd.
- Borota D. (2018): Primena aerofotogrametrije u inventuri šuma Vojvodine, doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd.
- Eid T., Gobakken T., Naeset E. (2004): Comparing Stand Inventories for Large Areas Based on Photo-interpretation and Laser Scanning by Means of Cost-plus-loss Analyses. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19, 512-523.
- Franklin S. E. (2001): Remote sensing for sustainable forest management. Lewis Publishers/CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gordeev R. V., Pyzhev A. I., Yagolnitser M.A. (2021): Drivers of spatial heterogeneity in the russian forest sector: a multiple factor analysis. *Forests*, 12 (12) 1635.
- Hall R. J. (2003): The roles of aerial photographs in forestry remote sensing image analysis In Remote sensing of forest environments, eds. M. A. Wulder and S. E. Franklin, 47–76.
- He Q., Zhang Y. & Wang H. (2019): Multispectral and Thermal Imaging for Forest Species Classification Using UAV Data. *Remote Sensing*, 11 (6) 1329.
- Hren V. (1968): Dinamika horizontalnog širenja krošanja bukve i jele u nekim zajednicama zapadne Hrvatske. *Šumarski list*, XCII (5-6): 189-198.
- Hren V. (1980): Dinamika horizontalnog širenja krošanja nekih važnijih vrsta drveća sjeverne Hrvatske. *Šumarski list*, CIV (11-12): 455-460.
- Islami M.M., Rusolono T., Setiawan Y., Rahadian A., Hudjimartu S., Prasetyo L.B. (2021): Height, diameter and tree canopy cover estimation based on unmanned aerial vehicle (uav) imagery with various acquisition height. *Media Konservasi*, 26 (1): 17-27.
- Jakobsons A. (1970): The correlation between the diameter of tree crown and other tree factors – mainly the breast height diameter. Research notes 14, Department of Forest Survey, Royal College of Forestry, Stockholm, Sweden
- Janić M. (1989): Istraživanje mogućnosti primene fotointerpretacije aeronsnimaka u šumarstvu. magistarski rad, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd.

- Kalafadžić Z., Kušan V. (1991): Visoka tehnologija u inventuri šuma. *Šumarski list*, 10-12, 509.
- Kalliovirta J., Tokola T. (2005): Functions for estimating stem diameter and tree age using tree height, crown width and existing stand database information. *Silva Fenn.*, 39 (2): 227–248.
- Krause S., Sanders T., Mund J., Greve K. (2019): UAV-based photogrammetric tree height measurement for intensive forest monitoring. *Remote Sensing*, 11 (7): 758.
- Li X., Long J., Zhang M., Liu Z., Lin H. (2021): Coniferous Plantations Growing Stock Volume Estimation Using Advanced Remote Sensing Algorithms and Various Fused Data. *Remote Sensing*, 13, 3468.
- Lindgren N., Wästlund A., Bohlin I., Nyström K., Nilsson, M., Olsson H. (2021): Updating of forest stand data by using recent digital photogrammetry in combination with older airborne laser scanning data. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 36 (5): 401–407.
- Medarević M. (2006): Planiranje gazdovanja šumama. Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd.
- Mikita T., Janata P., Surový P. (2016): Forest Stand Inventory Based on Combined Aerial and Terrestrial Close-Range Photogrammetry. *Forests*, 7, 165.
- Næsset E. (1996): Determination of number of stems in coniferous forest stands by means of aerial photo-interpretation. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11 (1): 76-84.
- Pantić D., Medarević M., Borota D., Tubić B., Marinković M. (2012/a): Aerofotointerpretacija u sastojinskoj inventuri šuma Srbije. *Šumarstvo* 3-4, UŠITS, 1-16.
- Pantić D., Medarević M., Tubić B., Borota D. (2012/b): Options for using remote sensing and its reliability in structural and spatial determination of forest ecosystems International Scientific Conference "Forests In Future - Sustainable Use, Risks and Challenges, Belgrade.
- Pernar R. (1997): Application of results of aerial photograph interpretation and geographical information system for planning in forestry, *Glasnik za šumske pokuse* 34, 141-189.
- Petlewitz W., Frommhold H. (1976): Bestimmung der forstlichen Bestandeshöhe aus Luftbildern. *Jenaer Rundschau*, 21 (2,5): 71–73.
- Ponjarac R. (2015): Analiza mogućnosti primene bespilotne letelice eBee pri inventuri šuma. master rad, Univerzitet u beogradu-Šumarski fakultet, Beograd.
- Pranjić A., Lukić N. (1997): Izmjera šuma. *Šumarski fakultet Zagreb*.
- Seletković A., Perić M., Balenović I. (2016): Fotogrametrijska procjena srednjih sastojinskih visina odvojeno po vrstama drveća u mješovitim sastojinama središnje Hrvatske. *Nova mehanizacija šumarstva* 37, 15-23.
- Talts J. (1977): Photogrammetric measurements for stand cruising. *Royal College of Forestry, Department of Forest mensuration and management, Research notes* 6, (102), Stockholm.
- Tomašegović Z. (1961): Stereofotogrametrijska linearna taksacija. *Šumarski list* 85 (1–2): 36– 45.
- Tubić B. (2005): Mogućnost upotrebe aero-foto interpretacija u toku redovne inventure šuma. diplomski rad, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd.
- Valls P., Jakešová L., Vallés M., Galiana F. (2012): Sustainability of mediterranean spanish forest management through stakeholder views. *European Countryside*, 4 (4).
- Van Laar A., Akça A. (2007): Forest Mensuration. Chapter 11 *Remote Sensing in Forest Mensuration* Springer, Netherlands.

