

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ-
ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА**

Предмет: Извештај комисије за оцену израђене докторске дисертације мр Душка Чуковића, под насловом *„Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури шума у Републици Српској”*

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
1. Орган који је именовао (изабрао) комисију и датум: Наставно-научно веће Универзитета у Београду-Шумарског факултета, на седници одржаној 31.05.2018. године, одлука бр. 01-2/77. 2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датум избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: Др Дамјан Пантић, редовни професор, Планирање газдовања шумама, 10.06.2015. године, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Др Милан Медаревић, редовни професор, Планирање газдовања шумама, 06.11.2003. године, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Др Милорад Јанић, ванредни професор, Геодезија, 01.07.2014. године, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Др Предраг Алексић, научни сарадник, биотехничке науке-шумарство, 26.02.2015. године, ЈП „Србијашуме”, Београд.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
- Име, име једног родитеља, презиме: Душко, Мирко, Чуковић - Датум и место рођења, општина, држава: 21.09.1968. године, Сански Мост, БиХ - Датум одбране, место и назив магистарске тезе: 20.05.2006. године, Београд, Избор оптималног метода уређајне (састојинске) инвентуре у разnodобним и пребирним шумама у Републици Српској - Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Биотехничке науке
III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ
МОГУЋНОСТ ПРИМЈЕНЕ АЕРОФОТОГРАМЕТРИЈЕ ПРИ УРЕЂАЈНОЈ (САСТОЈИНСКОЈ) ИНВЕНТУРИ ШУМА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ Навести кратак садржај са назнаком броја страна поглавља, слика шема, графикона и сл. Докторска дисертација Душка Чуковића, мр. шумарства, под насловом <i>„Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури шума у Републици Српској”</i> подељена је у 9 поглавља. Дисертација је написана на 232 странице, садржи 174 актуелних литературних навода везаних за истраживану проблематику, 153 табела, 40 графикона, 11 слика и 6

прилога.

На почетку дисертације је насловна страна на српском и енглеском језику, страна са информацијама о ментору и члановима Комисије, страна са кључном документационом информацијом, извод с кључним речима на српском и енглеском језику, као и попис скраћеница, ознака и симбола. Дисертација је написана јасним језиком, ћиричним писмом, према Упутству за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Дисертација је добро структурирана са поглављима која представљају логичну целину:

1. Увод (1-20 стр.)
2. Преглед досадашњих истраживања (21-39 стр.)
3. Повод за истраживање и полазне хипотезе (40 стр.)
4. Задаци и циљ истраживања (41 стр.)
5. Објект истраживања (42-58 стр.)
6. Метод рада (59-73 стр.)
7. Резултати истраживања (74-183 стр.)
8. Дискусија (184-191 стр.)
9. Закључци (192-197 стр.)
- Литература (198–210 стр.)
- Прилози (211–232 стр.)

Иза прилога налази се биографија кандидата, а затим следе изјаве о ауторству, о истовестности штампане и дигиталне верзије рада, као и о начину коришћења дисертације.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. УВОД (1-20 стр.)

У уводном делу, кроз подпоглавља:

- 1.1. Даљинска детекција,
- 1.2. Фотографија,
- 1.3. Фотограметрија и фотоинтерпретација,
- 1.4. LiDAR систем,
- 1.5. RaDAR систем,
- 1.6. Платформе,
- 1.7. Вештачка интелигенција,

описан је историјски развој даљинске детекције и аерофотограметрије, као и основни принципи наведених технологија, с посебним освртом на њихов апликативну вредност у шумарству.

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА (21-39 стр.)

У овом поглављу кандидат даје веома исцрпан преглед досадашњих истраживања могућности употребе даљинске детекције у шумарству, најпре у земаљама насталим распадом СФРЈ (Босна и Херцеговина, Србија, Хрватска и Словенија), а потом и у земљама са развијенијим шумарством (земље немачког говорног подручја, скандинавске земље, САД и Канада). На једном месту сублимирана су сва значајнија истраживања ове проблематике, посебно на подручју бивше СФРЈ, што поглављу даје посебан значај као литературне основе за будућа истраживања примене даљинске детекције и аерофотограметрије у шумарству.

3. ПОВОД ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ И ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ (40. стр.)

Поред мотива да се приступи истраживањима, у овом поглављу наведене су и полазне хипотезе:

- Не постоје статистички значајне разлике у структурним и производним карактеристикама објеката истраживања утврђеним на бази различитих метода премера;
- Премамер на основу аероснимака знатно је економичнији у односу на терестричке методе премера;
- Подаци добијени на основу аероснимака могу се користити приликом израде оперативних планова газдовања шумама;
- Компромисно решење представљала би комбинација терестричке инвентуре и инвентуре на бази аероснимака.

4. ЗАДАЦИ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА (41. стр.)

На основу детаљне анализе досадашњих истраживања и дефинисаних хипотеза, формулисани су следећи задаци истраживања:

- Терестричким премером (тотални и делимични премер) утврдити структурне и производне карактеристике истраживаних састојина,
- На основу терестричких података израдити регресионе моделе за предикцију прсног пречника и текућег дебљинског прираста на бази елемената видљивих на аероснимцима,
- На бази мерљивих нумеричких елемената на аероснимцима и предиктованих (моделованих) елемената утврдити структурне и производне карактеристике истраживаних састојина по овом методу премера,
- Извршити упоредну анализу добијених резултата структурне изграђености и производности истраживаних састојина по наведеним начинима премера,
- Извршити упоредну анализу утрошка времена приликом спроведених начина премера,
- На бази извршених анализа сагледати могућност и степен употребљивости података (информација) инвентуре на бази авиоснимака у контексту даље употребе у различитим шумарским дисциплинама,
- Предложити могућа решења.

Поред научних (примарних) циљева, ова истраживања су настојала понудити и низ практичних решења за шумарство Републике Српске и шире:

- Операционализација примене истраживаних технологија и метода,
- Смањење обима теренског рада и трошкова инвентуре шума,
- Повећање ефикасности, прецизности и тачности мерења,
- Популаризација даљинске детекције и аерофотограметрије,
- Оспособљавање кадрова и примена информација добијених са авиоснимака у различитим шумарским дисциплинама.

5. ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА (42-58 стр.)

У овом поглављу кандидат наводи критеријуме за избор објекта истраживања, његов географски

положај, те основне станишне и састојинске карактеристике. Објекат истраживања чине десет огледних површина, одабраних тако да репрезентују најзаступљеније категорије шума у државном и приватном власништву у Републици Српској. То су високе шуме букве, чисте и мешовите са јелом и јелом и срмчом, те културе смрче и црног бора. У структурном смислу, огледна поља припадају једнодобним, разнодобним и пребирним састојинама. Величина огледне површине кретала се од 3,5 до 10,5 ха у зависности од његових структурних карактеристика. Овако структуриран обајекат истраживања може се сматрати репрезентативним у квалитативном и квантитативном смислу, што је нужна претпоставка за извођење валидних закључака.

6. МЕТОД РАДА (59-73 стр.)

У шестом поглављу кандидат даје преглед примењених метода у различитим фазама истраживања.

6.1. Прикупљање података

Потпуни (тотални) премер реализован је на свим огледним површинама. Када је у питању делимични премер, на огледним површинама које се налазе у једнодобним и разнодобним састојинама извршен је на примерним површинама облика круга са константним полупречником, а у пребирним састојинама на кружним површинама угаоног изабрајања.

Величина кругова са константним полупречником зависила је од процењеног броја стабала на хектару у конкретној састојини (огледној површини) и одабрана је тако да на кругу буде од 15 до 25 стабала. Код угаоног изабрајања коришћен је фактор изабрајања $C=2$, који је обезбеђивао поменути број стабала на примерној површини. Приликом реализације делимичног премера снимано је време потребно за обављање појединих радних операција, као и укупно време проведено на примерној површини.

Мерење хоризонталне пројекције крошње моделних стабала извршено је помоћу инструмента Kronenspiegel – Densiometer. Код четинарских и лишћарских стабала, нормално развијених крошњи, од центра стабла постављано је 8 полупречника у смеру: S, SI, I, II, J, JZ, Z и SZ. На њима је регистрована хоризонтална пројекција врха најудаљеније живе гране која чини компактну крошњу. Код лишћарских стабала ексцентричних крошњи центар полупречника постављао се у тачку која би могла да буде тежиште хоризонталне пројекције површине крошње. Место ове тачке процењивано је помоћу наведеног инструмента. Поред хоризонталне пројекције крошње, моделним стаблима мерени су и прсни пречник, висина и текући дебљински прираст. Такође, утврђиван је и број стабала на кругу полупречника који је одређен на основу растојања до најудаљенијег стабла чија крошња додирује крошњу моделног стабла или има недвосмислен утицај на њу.

Да би могао измерити висине стабала на авиоснимку, кандидат је најпре израдио дигиталне моделе терена (*DTM*) огледних површина. Мерење висина стабала у стереомоделу извршено је пунктирањем врхова стабала. Висинска разлика две тачке истих координата (x,y), које представљају врх и подножје стабла, даје висину стабла.

Површине хоризонталних пројекција крошњи на авиоснимку добијене су на основу векторизације осветљеног дела крошње, увећаног за делове који се налазе у полусени, а који су се недвосмислено могли идентификовати као делови крошње конкретног стабла. Векторизација је извршена помоћу затвореног 3D полигона.

Величине кругова коришћених приликом премера у стереомоделу идентичне су онима из терестричке инвентуре. Изузетак су огледне површине 9 и 10 где су, за разлику од терестричког премера, коришћени кругови са константним полупречником од 10 ари. Сви кругови у стереомоделу третирани су као детаљни.

Приликом рада у стереомоделу снимано је и време потребно за обављање појединих радних операција, као и време потребно за експортовање података из програма *PHOTOMOD* у програм

AutoCAD Map 3D, где су ти подаци обрађивани.

6.2. Обрада података

Дендрометријска обрада података подразумевала је одређивање (код потпуног премега), односно процену (код делимичног и премега на бази авиоснимака) броја стабала, темељнице, запремине и текућег запреминог прираста састојине. Всинска крива у једнодобним и разnodобним састојинама добијена је помоћу функције Михајлова, док је у пребирним састојинама коришћена Проданова функција. У једнодобним и разnodобним састојинама линија текућег дебљинског прираста добијена је помоћу квадратне функције, а у пребирним састојинама помоћу кубне функције. Запремина је обрачуната по методу запреминских таблица, а текући запремински прираст по методу дебљинског прираста – модификован Мајеров диференцијални метод.

Статистичке методе су подразумевале тестирање разлика у вредностима појединих нумеричких елемената одређених на бази различитих метода премега. Помоћу χ^2 теста испитивана је подударност опажаних и очекиваних дистрибуција броја стабала по дебљинским степенима, а тестом Колмогоров-Смирнов подударност опажаних и очекиваних дистрибуција темељнице, запремине и текућег запреминог прираста. Тестом значајности разлика између парова тестирана је разлика у висинама, површинама хоризонталне пројекције крошње и броју моделних стабала терестрички мерених и идентификованих у стереомоделу.

Приказани су и регресиони модели коришћени за предикцију прсног пречника и дебљинског прираста као елемента који се не могу читати са снимака, а који су били неопходни у даљим истраживањима и компаративним анализама. Као независно променљиве величине у тестирањима моделима узети су површина хоризонталне пројекције крошње и висина стабла. Тестрани су једноставни (прости) и вишеструки (сложени) регресиони модели, а избор најбољег модела вршен је на бази релевантних статистичких параметара.

На крају овог сегмента образложена је анализа утрошка главног (технолошког) и помоћног времена за обављање појединих радних операција делимичног премега и фотоинтерпретације аероснимака. Тестирање употребљивост различитих начина премега извршено је по методу Grosenbaugha end Mesavagea (према Pranjić, Lukić, 1997).

7. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА (74–183 стр.)

У седмом поглављу дисертације, на јасан и прегледан начин, поткрепљено табелама и графиконима, представљени су резултати истраживања.

7.1. Основни предуслови фотоинтерпретације аероснимака

Претпоставке квалитетне, односно прецизне фотоинтерпретације аероснимака јесу дефинисање:

- Односа између стварних (терестичких) вредности структурних елемената и вредности елемената мерљивих у стереомоделу,
- Степена поузданости процене нумеричких елемената који се не могу прецизно мерити у стереомоделу.

Да би се утврдили ови елементи направљени су регресиони модели. Површине хоризонталних пројекција крошњи и висине стабала, као и број стабала у чијем окружењу расте и развија се моделно стабло, одређени у стереомоделу, разликују се од оних одређених на терену. Код површина хоризонталних пројекција крошњи, одређених у стереомоделу, мере централне тенденције имају негативне вредности, што значи да су површине, у највећем броју случаја, мање од површина одређених на терену. Код висина стабала мере централне тенденције имају и негативне и позитивне вредности (разлике су у интервалу од -0,52 до +0,55%). Проценат тачности одређивања броја стабала у кругу око моделних стабала већи је од 50% само на огледним површинама у вештачки подигнутим

састојинама (огледне површине 1–3) и у разређеним састојинама (огледна површина 8). На огледним површинама у пребирним састојинама (огледне површине 9 и 10), због њихове специфичне вертикалне изграђености и вишеслојности, ову тачност није имало смисла одређивати. Овако мали проценат тачности одређивања броја стабала, искључује број стабала као независно променљиву величину у регресионим моделима. Да би се елементи моделних стабала, видљиви у стереомоделу, могли употребити као независне величине у тестираним функцијама, било је потребно тестирати њихову употребљивост. То је учињено помоћу теста парова. Разлике између парова измерених површина хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала статистички су значајне, а између парова измерених висина моделних стабала статистички случајне. Дакле, висине стабала се могу директно користити као независно променљиве величине у регресионим моделима. Да би се и површине хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала могле искористити као независно променљиве величине у регресионим моделима извршена је њихова корекција. Множењем површине хоризонталне пројекције крошње, векторизоване у стереомоделу, са фактором корекције, добијена је површина крошње много ближа вероватној величини, односно величини мереној на терену. У раду су приказане по два једноставнија регресиона модела и по четири вишеструка модела који најбоље изравнавају зависност прских пречника и текућег дебљинског прираста (зависно променљивих) од површине хоризонталне пројекције крошње и висина стабала (независно променљивих величина). За предикцију наведених величина коришћени су вишеструки регресиони модели.

7.2. Компаративна анализа структурних и производних карактеристика истраживаних састојина добијених по тестираним методама премера

На овом месту кандидат даје преглед резултата тоталног, делимичног премера и фотоинтерпретације аероснимака по огледним површинама (састојинама). Приказани су нумерички елементи сваке састојине (број стабала, темељница, запремина, текући запремински прираст) и њихове дистрибуције по дебљинским степенима. Када је у питању делимични премер и премер на бази авиоснимака, утврђена је и величина двооструке релативне грешке процене наведених елемената. Затим су тестиране разлике између елемената и њихових дистрибуција добијених по посматраним методама премера.

7.3. Компаративна анализа економичности тестираних метода премера

У првом делу овог поглавља кандидат излаже структуру радног времена. Време израде, као саставни део укупног радног времена, представља време које се троши на стварни рад. Састоји се од главног (технолошког) времена, помоћног времена и додатног времена. За потребе овог истраживања регистровано је само оперативно радно време кога чине главно (технолошко) време и помоћно време.

Приказан је утрошак оперативног времена за обављање појединих радних операција делимичног премера и фотоинтерпретације аероснимака. На огледним површинама постављеним у једнодобним и разnodобним шумама (ОП 1 до ОП 8) утрошак овог времена приликом фотоинтерпретације аероснимака је за 20 до 60% мањи него код терестричког делимичног премера. Ова разлика може се очекивати и приликом фотоинтерпретације аероснимака пребирних састојина на круговима величине 5 до 7 ари.

Просечно време векторизације појединачних крошњи је између 22 и 30 секунди, а време пунктирања врхова стабала између 2,20 и 3,60 секунди по стаблу.

У другом делу поглавља приказана је употребљивост тестираних метода премера са аспекта економичности. Може се закључити да је само на огледним површинама 4 и 10 већа употребљивост терестричког делимичног премера у односу на фотоинтерпретацију аероснимака. Овај закључак треба узети с резервом, јер се огледна површина 4 у стереомоделу налази на јако неповољном месту, тако да су упитни добијени резултати фотоинтерпретације аероснимака ове огледне површине. Употребљивост фотоинтерпретације аероснимака огледних површина у пребирним састојинама исто тако није најмеродавнија, јер су коришћене примерне површине од 10 ари на којима је било и преко

60 стабала. Да су коришћени мањи кругови (од 7 или 5 ари) утрошак времена био би значајно мањи што се не би могло рећи и за потребну величину узорка код кога се остварује тражена прецизност процене.

8. ДИСКУСИЈА (184-191 стр.)

У овом поглављу кандидат резултате својих истраживања на прегледан начин повезује и упоређује са резултатима бројних других, првенствено страних, истраживача. Констатује одређене сличности, али и значајне разлике. Разлике у квалитету информација добијених на бази авиоснимака последица су чињенице да су шуме северне Европе, те Канаде и САД монолитне на великим површинама, што даљинску детекцију чини примарним начином прикупљања информација. Шуме Републике Српске су хетерогене (структурно, у погледу мешовитости, порекла, очуваности и сл) на малим површинама, што у значајној мери лимитира могућности даљинске детекције и налаже њено комбиновање са терестричким методама прикупљања података.

9. ЗАКЉУЧЦИ (192-197.)

У поглављу закључци, кандидат таксативно наводи најважније закључке до којих је дошао у свом раду и даје смернице будућих истраживања ове проблематике, на основу чега Комисија констатује да да је разматрана проблематика актуелна, да су постигнути циљеви истраживања и да резултати имају теоријску и апликативну вредност за инвентури шума Републике Српске и региона.

ЛИТЕРАТУРА (198-210 стр.)

Списак цитиране литературе обухвата 174 домаћих и страних литературних извора. Коришћена литература је актуелна и релевантна за проучавање проблематику. Ова констатација упућује на чињеницу да кандидат добро влада материјом и да добро познаје проблематику везану за тему истраживања.

ПРИЛОЗИ (211-232 стр.)

Кандидат у виду прилога даје:

1. Извештај о аеротриангулацији фотограметријског блока,
2. Координате темена огледних површина,
3. Параметре функција и графиконе висинских кривих,
4. Параметре функција и графиконе кривих текућег дебљинског прираста,
5. Резултатеведеног теста Колмогоров-Смирнов,
6. Фотокаталог детаља са огледних површина у 3D анаглифском стереомоду.

VI ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Закључци до којих је кандидат дошао сублимирањем резултата су бројни и имају неспоран научни и практичан значај и гласе:

1. Површине хоризонталних пројекција крошњи моделних стабала, измерене у стереомоду, у највећем броју случајева су мање од оних које су утврђене на основу теренског премера (разлика су статистички значајне). Да би површине крошњи могле фигурирати као независно промјљива у моделима за предикцију прсног пречника и дебљинског прираста стабала, нужна је њихова корекција, на који начин се добијају вредности знато ближе терестричким

подацима-стварним величинама.

2. Разлике у висинама моделних стабала измерених на терену и у стереомоделу крећу се у интервалу $\pm 5\%$ за четинаре и $\pm 7\%$ за лишћаре, са аритметичким срединама између $-0,52\%$ и $+0,55\%$. Статистички су случајног карактера, те се висине стабала могу директно користити као променљива у регресионим моделима.
3. Тачност одређивања броја стабала у чијем окружењу су расла и развијала се моделна стабла, у стереомоделима, био је између 19% и 62% . Овако мали проценат детерминације броја стабала на снимку искључује овај елемент као могућу независно променљиву величину у регресионим моделима.
4. Разлика у броју стабала утврђеног делимичним и тоталним премером огледних површина (мера тачности) креће се у интервалу од $-3,25\%$ до $11,08\%$, а између фотоинтерпретације аероснимака и тоталног премера од $0,67\%$ до $10,80\%$ за једнодобне састојине, од $-44,96\%$ до $-18,74\%$ за разnodобне састојине и од $-56,90\%$ до $-56,41\%$ у пребирним састојинама.
5. Двострука релативна грешка процене броја стабала код делимичног премера (мера прецизности) била је између $9,49\%$ и $22,67\%$, а при фотоинтерпретацији аероснимака од $8,36\%$ до $19,05\%$ (једнодобне састојине), од $8,21\%$ до $14,39\%$ (разnodобне састојине) и од $6,28\%$ до $6,52\%$ (пребирне састојине).
6. Темељница утврђена делимичним и тоталним премером огледних површина разликује се у интервалу од $-3,73\%$ до $8,63\%$, а између фотоинтерпретације аероснимака и тоталног премера од $-6,59\%$ до $10,96\%$ (једнодобне састојине), од $-4,80\%$ до $-1,18\%$ (разnodобне састојине) и од $-17,48\%$ до $-9,50\%$ (пребирне састојине).
7. Запремине састојине се разликују у интервалу од $-4,15\%$ до $8,52\%$ када је у питању компрација терестричких метода премера, а између фотоинтерпретације аероснимака и тоталног премера оне износе од $-6,74\%$ до $12,20\%$ код једнодобних састојине, од $-3,87\%$ до $-0,64\%$ код разnodобних састојина и од $-9,24\%$ до $-3,91\%$ (пребирне састојине).
8. Двострука релативна грешка процене запремине делимичним премером је између $5,51\%$ и $13,73\%$, а фотоинтерпретацијом аероснимака од $6,21\%$ до $12,18\%$ (једнодобне састојине), од $7,90\%$ до $8,45\%$ (разnodобне састојине) и од $6,30\%$ до $7,51\%$ (пребирне састојине).
9. Разлика у текућем запреминском прирасту утврђеном делимичним и тоталним премером огледних површина била је у интервалу од $-1,29\%$ до $11,53\%$, а између фотоинтерпретације аероснимака и тоталног премера од $-4,00\%$ до $11,27\%$ (једнодобне састојине), од $-8,38\%$ до $1,30\%$ (разnodобне састојине) и од $-13,82\%$ до $3,58\%$ (пребирне састојине).
10. Велике разлике у броју стабала код разnodобних, а посебно пребирних састојина, добијеног на основу снимка и теретрички, нису се рефлектовале у истом износу на остале елементе (темељницу, запремину и прираст). За разлику од стабала мањих димензија која заузимају доње етажне ових састојина и која су невидљива на снимку, стабла јаким димензија су добро идентификована. Управо ова стабла су носиоци запремине, темељнице и прираста у састојинама наведених структурних облика, што је за последицу имало мање разлике ових елемента добијених на снимку у односу на терестричке вредности.
11. У једнодобним и разnodобним састојинама утрошак оперативног времена приликом фотоинтерпретације аероснимака је за 20% до 60% мањи него код делимичног премера. Да су у пребирним састојинама постављени мањи кругови (5 или 7 ари), утрошак оперативног времена код фотоинтерпретације био би мањи за исти проценат као и у једнодобним и разnodобним састојинама. Како су постављени кругови од 10 ари, утрошак оперативног времена приликом фотоинтерпретације био је мањи за 18% (ОП 9), и већи за 7% (ОП 10) него

код делимичног премера.

12. Само на огледним површинама 4 и 10 већа је економичност делимичног премера у односу на фотоинтерпретацију аероснимака. Овај закључак треба узети с резервом, јер се огледна површина 4 налази на неповољном месту у стереомоделу, тако да су упитни резултати фотоинтерпретације аероснимака ове огледне површине. Да су на огледној површини 10 коришћени мањи кругови за фотоинтерпретацију (5 или 7 ари) вероватно би и на њој већу употребљивост имала фотоинтерпретације аероснимака.

У односу на постављене хипотезе, резултати истраживања показују:

ХИПОТЕЗА 1: Не постоје статистички значајне разлике у структурним и производним карактеристикама објеката истраживања утврђеним на бази различитих метода премера; у једнодобним састојинама, употребом квалитетних регресионих модела, нису констатоване статистички значајне разлике у структурним и производним карактеристикама објеката истраживања утврђеним на бази различитих метода премера; ова констатација не односи се на најхомогеније састојине где би требало поновити истраживања (лош положај огледне површине 4 у стереомоделу); **у разнодобним састојинама,** употребом квалитетних регресионих модела, констатоване су статистички значајне разлике само у утврђеном броју стабала при таксационој граници од 5 cm; тестирањем дистрибуција броја стабала прсног пречника већег од 20 cm утврђено је да нема статистички значајних разлика у дистрибуцијама; **у пребирним састојинама,** утврђене су статистички значајне разлике у структурним и производним карактеристикама објеката истраживања; основни разлог постојања ових разлика налази се у чињеници да се у стереомоделу тање дебљинске класе не могу довољно добро идентификовати; тестирањем дистрибуција броја стабала прсног пречника већег од 20 cm утврђено је да нема статистички значајних разлика у дистрибуцијама; **коначано,** ова хипотеза не може да буде генералан став (делимично је потврђена), већ се односи на поједине категорије шума (једнодобне и делом разнодобне састојине).

ХИПОТЕЗА 2: Премер на основу аероснимака знатно је економичнији у односу на терестричке методе премера; ако се изузму резултати са огледне површине 4, која представља најхомогеније састојине у којима би требало поновити истраживања, ова хипотеза се у потпуности одржала; резултати са огледне површине 9 показују да би се и у пребирним састојинама, употребом адекватних величина примерних аеро површина, остварила већа употребљивост фотоинтерпретације аероснимака.

ХИПОТЕЗА 3: Подаци добијени на основу аероснимака могу се користити приликом израде оперативних планова газдовања шумама; на основу добијених резултата јасно је да фотоинтерпретација аероснимака има велики потенцијал за оперативну примену у шумарству; хипотеза се одржала.

ХИПОТЕЗА 4: Компромисно решење представљала би комбинација терестричке инвентуре и инвентуре на бази аероснимака; комбинована инвентура, где би се на терену прикупили само они подаци који се не могу квалитетно интерпретирати на аероснимцима (порекло, квалитет стабала, бројност и стање подмлатка, премер стабала тањих дебљинских класа, итд) спојила би добре особине делимичног премера (прецизност) и фотоинтерпретације аероснимака (економичност); хипотеза се одржала.

Будућа истраживања потребно је усмерити на:

- Израду квалитетних регресионих модела за предикцију елемената који се не могу читати на снимку за све врсте дрвећа и типове шума,

- Истраживање могућности примене других модела за процену елемената који се не могу најквалитетније интерпретирати у стереомоделу (непараметарски модели k-NN и k-MSN; вештачка неуронска мрежа и др),
- Истраживање могућности примене других техника даљинске детекције (LiDAR и RaDAR).

VII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Кандидат је на прегледан и јасан начин, користећи табеле, графиконе и слике приказао најважније резултате до којих је дошао током истраживања. Закључци који представљају оригинални научни допринос ове докторске дисертације су јасно истакнути. Имајући у виду одабрани предмет истраживања, као и постављене циљеве и хипотезе од којих се у истраживању пошло, Комисија сматра да је кандидат резултате базирао на добро утемељеној теоријској основи, до њих је дошао квалитетном применом одговарајућих метода, доказујући дефинисане хипотезе и успешно реализујући постављене циљеве истраживања. Комисија констатује да су резултати истраживања јасно и прегледно изложени, методолошки исправно анализирани и тумачени.

VIII КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Комисија констатује да је докторска дисертација Душка Чуковића, мр. шумарства, написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме за коју је, одлуком 02 Број 06-7311/27 МЦ, од 09.11.2011. године, Веће научних области биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност.
2. Комисија такође констатује да дисертација садржи све неопходне елементе: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, кључне документационе информације, резиме на српском и енглеском језику, попис скраћеница, ознака и симбола, садржај, текст рада по поглављима, списак литературе, прилоге, изјаву о ауторству, изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о начину коришћењу дисертације.
3. Докторска дисертација Душка Чуковића, мр. шумарства под насловом: **„Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури шума у Републици Српској”** представља оригиналан допринос науци. Оригиналност докторске дисертације огледа се у избору проблематике, одабраним методама рада, добијеним резултатима и закључцима који су изведени, а који се односе на могућност и оправданост примене даљинске детекције у прикупљању шумарских информација и њиховој даљој употребу у различитим шумарским дисциплинама. Такође, овим истраживањима отворена су и нова питања из наведене проблематике, што им даје посебан значај.
4. Комисија није уочила недостатке у току израде докторске дисертације, који би евентуално могли утицати на резултате истраживања и изведене закључке.

Имајући у виду да се као услов за одбрану докторске дисертације поставља објављен рад у часопису међународног значаја, Комисија констатује да је услов испуњен, и да је кандидат коаутор на 2 рада публикованом у часописима категорије M23:

1. Pantić D., Medarević M., Dees M., Borota D., Tubić B., Obradović S., Šljukić B., **Čuković D.**, Marinković M. (2015): *Analysis of the growth characteristics of a 450-year-old silver fir tree*, Archives of Biological Sciences, 67(1):155-160.
2. Vasić V., Pantić D., Medarević M., Obradović S., **Čuković D.** (2018): *Old-Growth Beech Forests in Serbia*, Fresenius Environmental Bulletin, 27 (3): 1498-1507.

IX ПРЕДЛОГ

На основу сагледавања укупног садржаја и изнете оцјене докторске дисертације мр. Душка Чуковића,

Комисија констатује следеће:

- Кандидат је урадио докторску дисертацију под насловом **„Могућност примјене аерофотограметрије при уређајној (састојинској) инвентури шума у Републици Српској”** Докторска дисертација је написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду и испуњава све потребне услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Универзитета у Београду-Шумарског факултета.
- Истраживања у оквиру докторске дисертације су по структури, методологији и обиму обављена у складу са пријављеном темом, за коју је Веће научних области биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност одлуком 02 Број 06-7311/27 МЦ, од 09.11.2011. године.

Сходно претходним констатацијама, Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду–Шумарског факултета, да дисертацију мр. Душка Чуковића стави на увид јавности, да прихвати Извештај о оцени израђене докторске дисертације и упути га Већу научних области биотехничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање, као и да се кандидат мр. шумарства Душко Чуковић, након завршене процедуре, позове на јавну одбрану.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Дамјан Пантић, редовни професор
Универзитета у Београду-Шумарског
факултета

др Милан Медаревић, редовни професор
Универзитета у Београду-Шумарског
факултета

др Милорад Јанић, ванредни професор
Универзитета у Београду- Шумарског
факултета

др Предраг Алексић, научни сарадник
ЈП „Србијашуме”, Београд