

Факултет Пољопривредни

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области  
биотехничких наука

32/28-6.2.

(Број захтева)

23.06.2021

(Датум)

(Назив већа научне области коме се захтев  
упућује)

## ЗАХТЕВ

### за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„Развој модела за високопропусну фенотипизацију квантитативних особина у  
оплеменењивачким колекцијама соје“  
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Ратарство и повртарство

#### ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

1. Предраг, Драгослав, Ранђеловић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета,  
студијски програм):

Универзитет у Новом  
Саду

Пољопривредни факултет, студијски програм  
Гајење њивских биљака

3. Година завршетка  
претходног нивоа студија: 2018

4. Година уписа на докторске студије: 2018/2019.

5. Назив студијског програма  
докторских студија:

Пољопривредне науке

#### ПОДАЦИ О ПРВОМ МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Славен Продановић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Kandić, V., Dodig D., Sećanski M., Prodanović, S., Branković G., Titan P. (2019): Grain yield, agronomic traits, and protein content of two- and six-row barley genotypes under terminal drought conditions. *Chilean journal of agricultural research* 79(4):648-657.
2. Radinović I., Vasiljević I., Zorić M., Branković G., Živanović T., Prodanović S. (2018): Variability of Red Clover Genotypes on the Basis of Morphological Markers. *Genetika* 50(3):895-906.
3. Wang W., Wang K., Chen X., Prodanovic S., Li X., Ye X., Yan Y. (2018): Molecular Characterization and Phylogenetic Analysis of One Omega-Gliadin Gene from *Aegilops Speltoides* L. *Genetika* 50(2): 503-517.
4. Jocković M., Jocić S., Prodanović S., Cvejić S., Ćirić M., Čanak P., MarjanovićJeromela A. (2018): Evaluation of Combining Ability and Genetic Components in Sunflower. *Genetika* 50(1):187-198.
5. Djurić N., Prodanović S., Branković G., Djekić V., Cvijanović G., Žilić S., Dragičević V., Zečević V., Dozet G. (2018): Correlation-Regression Analysis of Morphological-Production Traits of Wheat Varieties. *Romanian biotechnological letters* 23(2):13457-13465

#### ПОДАЦИ О ДРУГОМ МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Вук Ђорђевић

Звање: виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Đorđević, V., Ćeran, M., Miladinović, J., Balešević-Tubić, S., Petrović, K., Miladinov, Z., Marinković, J. (2019): Exploring the performance of genomic prediction models for soybean yield using different validation approaches. *Molecular Breeding* 39:74.
2. Miladinović, J., Vidić, M., Đorđević, V., Balešević-Tubić, S. (2015): New trends in plant breeding-example of soybean. *Genetika* 47:131-142.
3. Tomičić, M., Đorđević, V., Obreht, D., Miladinović, J., Brbaklić, Lj., Mikić, A., Mikić, S. (2015): Tracking footprints of selection associated with soybean adaptation to CentralEast Europe environments. *Euphytica* 203:701-713.
4. Miladinović, J., Burton, J. W., Balešević Tubić, S., Miladinović, D., Đorđević, V., Đukić, V. (2011): Soybean breeding: comparison of the efficiency of different selection methodes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35:469-480.

5. Miladinović, J., Đorđević, V., Balešević-Tubić, S., Petrović, K., Čeran, M., Cvejić, J., Bursać, M., Miladinović, D. (2019): Increase of isoflavones in the aglycone form in soybeans by targeted crossings of cultivated breeding material. Scientific Reports 9:10341

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Пољопривредног факултета

на седници одржаној 23.06.2021. размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

**ДЕКАН ФАКУЛТЕТА**

Проф. др Душан Живковић

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
  2. Извештај Комисије

Универзитет у Београду  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ  
Број: 32/28-6.2.  
Датум: 23.06.2021. године  
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 51. и 52. Правилника о правилима докторских академских студија и члана 44. Статута Пољопривредног факултета, Наставно-научно веће факултета на седници одржаној 23.06.2021. године, донело је

## ОДЛУКУ

**I ПРИХВАТА СЕ** тема докторске дисертације коју је поднео **ПРЕДРАГ РАНЂЕЛОВИЋ, мастер** и одобрава израда дисертације под насловом: **«РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА ВИСОКОПРОПУСНУ ФЕНОТИПИЗАЦИЈУ КВАНТИТАТИВНИХ ОСОБИНА У ОПЛЕМЕЊИВАЧКИМ КОЛЕКЦИЈАМА СОЈЕ».**

**II** За првог ментора се именује др Славен Продановић, редовни професор Универзитета у Београду - Пољопривредног факултета.

За другог ментора се именује др Вук Ђорђевић, виши научни сарадник Института за ратарство и повртарство у Новом Саду.

**III** На одлуку о прихватању теме докторске дисертације и одређивању ментора сагласност даје одговарајуће Веће научних области Универзитета у Београду.

### *Образложење*

Наставно-научно веће факултета разматрало је и усвојило Извештај о позитивној оцени научне заснованости теме докторске дисертације коју је поднео Предраг Ранђеловић, мастер.

Наставно-научно веће факултета је приликом доношења одлуке оцењивало да ли је реч о оригиналној идеји и да ли је тема од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

Сходно изнетом одлучено је као у диспозитиву.

**ПРЕДСЕДНИК  
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА  
ДЕКАН**

---

*(Проф. др Душан Живковић)*

Доставити: кандидату, менторима, Институту за ратарство и повртарство, Студентској служби и архиви.

Универзитет у Београду  
**ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

Број:

Дана 21. 05. 2021. године

Београд - Земун

## **НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА**

**Предмет: Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Предрага Ранђеловића, мастера**

На основу члана 44. Став 1. Правилника о правилима докторских студија Пољопривредног факултета, а на предлог Већа Катедре за генетику, оплемењивање биљака и семенарство и мишљења Наставно-научног већа Института за ратарство и повртарство, Наставно-научно веће Пољопривредног факултета на седници одржаној 28. 4. 2021. године, донело је одлуку бр. 32/26-4.1. да се образује Комисија у саставу др Славен Продановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет (ужа научна област Оплемењивање биљака), др Вук Ђорђевић, виши научни сарадник, Институт за ратарство и повртарство у Новом Саду (ужа научна област Генетика и оплемењивање), др Томислав Живановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет (ужа научна област Генетика), др Наташа Милосављевић, доцент, Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет (ужа научна област Математика и информатика) и др Марина Ћеран, научни сарадник, Институт за ратарство и повртарство у Новом Саду (ужа научна област Генетика и оплемењивање), за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Предрага Ранђеловића, мастера, под насловом: „Развој модела за високопропусну фенотипизацију квантитативних особина у оплемењивачким колекцијама соје“.

Кандидат је дана 13. 5. 2021. године одбранио пријављену тему докторске дисертације. У име Комисије, председник Комисије, др Томислав Живановић, редовни професор, подноси

## **ИЗВЕШТАЈ**

### **1. Основни подаци о кандидату и дисертацији**

#### **1.1. Биографија кандидата**

Предраг (Драгослав) Ранђеловић, мастер инжењер пољопривреде, рођен је 16. 3. 1994. године у Новом Саду. Општи смер гимназије Лаза Костић завршио је 2013. године. Исте године уписао Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду, смер Ратарство и повртарство. Дипломски рад под називом „Ефекат површинског и потповршинског наводњавања капањем на принос, морфолошке карактеристике и компоненте приноса црног лука“ одбранио је 2017. године са оценом 10. Просек оцена на основним студијама био је 9,10. Током студија био је стипендиста Министарства просвете и спорта Републике Србије. Мастер студије је уписао 2017. године на матичном факултету где је и одбранио мастер рад под називом „Индиректне методе у обрачунању потреба

кукуруза за водом у климатским условима Војводине“ са оценом 10. Просек оцена на мастер студијама износио је 9,86.

Докторске академске студије уписао је школске 2018/19. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Пољопривредне науке, модул Ратарство и повртарство. Своје интересовање за усавршавање и научно-истраживачки рад усмерио је на генетику и оплемењивање биљака. До сада је у оквиру докторских академских студија положио 7 испита и остварио 113 ЕСПБ.

Од 6. 2. 2018. године је запослен у Институту за ратарство и повртарство у Новом Саду. Тренутно обавља послове истраживача приправника и бави се истраживањима на соји. До сада је учествовао на једном домаћем и два међународна пројекта. Као аутор или коаутор до сада је објавио 16 научних радова. Говори, чита и пише енглески језик.

## 1.2. Предлог теме докторске дисертације

Комисија је прихватила предложени наслов дисертације који гласи „**Развој модела за високопропусну фенотипизацију квантитативних особина у оплемењивачким колекцијама соје**“. Комисија сматра да тема са овим насловом пружа јасну слику о предмету, програму и научним циљевима дисертације. Тема је из научне области биотехничке науке / пољопривредне науке, ужа научна област генетика и оплемењивање.

## 2. Предмет и циљ дисертације

### 2.1. Предмет и програм дисертације

Предмет ове дисертације је креирање модела високопропусне фенотипизације који би се користили за предикцију квантитативних особина соје, и то покривности усева, броја биљака по јединици површине, висине биљака и биомасе. Модели предикције омогућавају праћење стања и развоја великог броја генотипова у реалном времену, односно доприносе повећању ефикасности оплемењивања биљака. Креирање модела за високопропусну фенотипизацију заснива се на употреби дигиталних фотографија генотипова соје прикупљених у различитим фазама раста и развоја. За овај приступ користе се одговарајући алати и технике даљинске детекције (*remote sensing*), као што су беспилотне летелице, дигиталне камере и фотограметрија (Omari et al., 2020; Zhao et al., 2019).

Соја (*Glycine max* [L.] Merr.) представља једну од најважнијих биљних врста која се у свету узгаја на око 120 милиона хектара са просечним приносом од око 2,77 t/ha (FAO, 2019). У Србији, просечан принос соје износи 3,1 t/ha при чему се ова легуминоза у нашој земљи гаји на око 230 хиљада хектара и по површинама које заузима налази се на трећем месту, одмах иза кукуруза и пшенице (RZZS, 2020).

Значај соје огледа се и у томе што она представља један од најквалитетнијих извора микро и макро-нутритијената због чега заузима важно место у исхрани људи и домаћих животиња (Burssens et al., 2011). Соја представља протеинско-уљану биљну врсту при чему садржај протеина у зрну соје износи око 38% а садржај уља око 19% (Wilson, 2004). Соја се у људској исхрани највише користи као тофу, сојино млеко или едаме соја. У исхрани домаћих животиња, соја се претежно користи у облику сачме која настаје процесом издвајања уља из зрна при чему се добија храниво високе нутритивне вредности богато протеинима.

Употреба соје широко је распрострањена и у другим гранама индустрије као што је производња сапуна, козметичких препарата, разних врста пластике, боја и мазива (Chen et al., 2012). Такође, сојино уље је главни извор за производњу биодизел горива у Сједињеним Америчким Државама (Siqueira et al., 2008; Kim i Dale, 2009).

Са порастом броја становника и укупна производња соје у свету има растући тренд. Од почетка интензивног гајења па до данас, површине под сојом су повећане око 5 пута док је просечан принос повећан око 2,5 пута (FAO, 2019). Повећање просечног приноса омогућено је напредовањем у области агротехнике као и гајењем високоприносних сорти створених оплемењивањем. Оплемењивање соје, односно стварање нових сорти представља процес који подразумева избор родитеља, затим њихово планско укрштање након чега се кроз генерације самооплодне врши селекција најбољих генотипова и њихово поређење са стандардним сортама у производњи (Miladinović et al., 2015). Стварање сорти могуће је различитим методама селекције, коришћењем одговарајућег почетног материјала и идентификацијом пожељних особина. Како би почетни материјал био адекватан, неопходно је обавити анализу актуелних генотипова у колекцијама гермплазме. Фенотипизација означава научну дисциплину која се бави проучавањем фенотипа насталог услед интеракције генотипа, спољашње средине и примењене агротехнике (Lobos et al., 2017). Фенотипизација генотипова соје подразумева праћење динамике раста и развоја биљака у току вегетационог периода, као и оцену морфолошких, физиолошких, биохемијских и агрономских особина.

У циљу повећања ефикасности оплемењивачког процеса који за крајњи резултат има стварање сорте соје, прикупљање информација о фенотипским карактеристикама биљног материјала представља есенцијалан али и прилично напоран посао. Пре свега, досадашња пракса подразумевала је ручно мерење и записивање вредности особина које се прате па је због тога овакав начин рада захтевао доста времена и физичког рада. Тренутно, фенотипизација у појединим фазама значајно зависи од запажања оплемењивача током проучавања биљног материјала односно од његове прецизности и објективности приликом оцене морфолошких карактеристика различитих генотипова у пољу, због чега се могу јавити одређени пропусти у анализи материјала. Због важности коју фенотипизација има у процесу оплемењивања, а у циљу олакшавања и усавршавања техника прикупљања информација о великом броју генотипова, јавља се потреба за коришћењем нових алата који ће то и омогућити.

Један од начина за унапређење овог процеса је развој модела за високопропусну (*High-throughput*) фенотипизацију. За моделе је битно да буду робусни, односно применљиви за различите генотипове у различитим агроеколошким условима, с обзиром да оплемењивачи укрштају бројне родитељске сорте и врше селекцију у генерацијама потомства током већег броја година. На огледним пољима, обиље материјала од значаја за селекцију, означава се као оплемењивачка колекција гермплазме. Модели се креирају помоћу предиктора, односно варијабли на основу којих се предвиђају вредности особина које су од интереса за оплемењивање.

Програм истраживања у овој дисертацији спроводиће се кроз четворогодишње пољске огледе на оплемењивачком материјалу соје, у две фазе (свака по две године, детаљније описане у методама рада). У оквиру истраживања обављаће се континуирано даљинско снимање ових огледа током вегетационог периода а затим и обрада дигиталних података добијених анализом фотографија у одговарајућим софтверима. Након обраде података биће креирани модели предикције за особине од интереса, при чему ће провера

прецизности модела бити обављена кроз поређење предвиђених са физички измереним вредностима ових особина на одабраним парцелама у оквиру огледа, у различитим фенолошким фазама развоја соје.

## 2.2. Научни циљ истраживања

Циљеви ове дисертације су следећи:

а) Креирање модела за високопропусну фенотипизацију генотипова соје. Истраживања у овој дисертацији представљају помак ка примени дигиталних технологија у карактеризацији селекционог материјала.

б) Развој модела, који су циљ овог рада, послужиће за предикцију важних квантитативних особина соје у одабиру нових, перспективних линија за признавање.

в) Циљ овог истраживања је да се први пут у Републици Србији ток вегетационог периода биљака прати на основу фотографија добијених беспилотном летелицом. Тиме се следи тренд у савременим оплемењивачким институцијама света.

г) Утврђивање везе између података добијених помоћу модела високопропусне фенотипизације и других морфолошких, биолошких и агрономских особина соје.

д) Коначни циљ је да се на основу модела високопропусне фенотипизације омогући ефикаснија продукција чистих линија у потомству из планских хибридизација соје што би допринело побољшању актуелних оплемењивачких програма.

## 3. Основне хипотезе од којих се полази у истраживању

Основне хипотезе од којих се полази у овом истраживању су следеће:

а) У истраживању се полази од претпоставке да се на основу даљинске детекције и фотограметријске анализе дигиталних фотографија генотипова соје прикупљених током вегетационог периода могу креирати поуздани модели за фенотипизацију.

б) На основу развијених модела за предикцију четири особине (покривност, број биљака по јединици површине, висина биљака и биомаса) соје који ће бити креирани и оцењени на основу анализе одабраних генотипова, претпоставка је да ће се успешно проценити параметри раста за све остале генотипове у огледу.

в) Модел за предикцију броја биљака по јединици површине биће креиран на основу података прикупљених током прве фазе, док ће модели за предикцију покривности, висине биљака и биомасе бити развијени током друге фазе истраживања и то анализом фотографија генотипова гајених на два различита типа земљишта. Сматра се да ће то допринети да модели буду довољно робусни за коришћење у различитим условима средине.

г) Наредна претпоставка је да се резултати добијени моделирањем вегетативног пораста могу повезати, кроз даља истраживања, са вредностима морфолошких и продуктивних особина.

д) Такође претпоставља се да ће се на основу вредности квантитативних особина добијених помоћу модела моћи утврдити разлика између анализираних генотипова соје. Конкретно, то би омогућило детектовање најбољих генотипова који би као такви могли бити укључени у оплемењивачке програме. Ово отвара нове перспективе за унапређење оплемењивања биљака.

#### 4. Методе које ће се применити у истраживању

Истраживање ће бити реализовано у четворогодишњим пољским огледима, у две фазе, на парцелама Института за ратарство и повртарство, Нови Сад, у Римским Шанчевима. Модели за високопропусну фенотипизацију соје биће креирани на основу података добијених анализом дигиталних фотографија и стварно измерених вредности особина за које се модели праве. Генотипови соје ће више пута током вегетације бити снимани из ваздуха помоћу беспилотне летелице и дигиталне камере.

За потребе дигиталног фенотипирања могу се користити камере са различитим комбинацијама спектралних канала. Најзаступљенија је RGB камера која има један оптички сензор за бележење информација са црвеног, зеленог и плавог дела спектра. Она је једноставна за коришћење и погодна за анализирање. Осим наведене, развијена је и мултиспектрална камера, која поред три канала видљивог дела спектра бележи и светлост чија је фреквенција изван тих опсега, као што је на пример инфра-црвени спектар, при чему за сваки канал постоји посебан сензор. Коришћењем мултиспектралне камере омогућено је добијање додатних информација, које људско око својим рецепторима није у могућности да региструје. Оба наведена типа камера и комбинације спектра биће коришћене у овом истраживању.

##### 4.1. Прва фаза истраживања

За број биљака по јединици површине модел ће се развијати током прве две године истраживања. Биљни материјал сачињаваће укупно 266 генотипова соје. При томе, 66 генотипова соје ће се користити у првој години огледа за креирање модела за предикцију, док ће се 200 генотипова соје користити у другој години, за оцену прецизности креираног модела. Бројање биљака обавиће се директно на свакој појединачној парцелици. За прикупљање фотографија током прве две године огледа биће коришћена беспилотна летелица под називом Phantom 4 (DJI, Shenzhen, China) која је опремљена RGB камером са три канала (Red, Green, Blue). Модел за предикцију броја биљака реализоваће се коришћењем алгорита Random forest (Breiman, 2001) и одговарајућих предиктора у статистичком софтверу R. Као предиктори користиће се различити вегетациони индекси (TGI, NG и GLI) који су развијени у претходном периоду радом истраживача. Вегетациони индекси се израчунавају у Excel програму, тако што се дигитални бројеви добијени са појединачних канала фотографије уврсте у одговарајуће формуле. Random forest групише предикторе у гране (стабла) дендрограма различите дубине, при чему ближа позиција почетној тачки значи већи утицај на циљно својство. Алогоритам се заснива на класификацији и утврђивању регресионе зависност између улазних, дигиталних података са слике и фенотипске вредности особина. При узорковању, део оригиналних података се не користи, него служи за унакрсну валидацију сваке од грана. У овој фази истраживања поставиће се и разрадити техника даљинског снимања поља, укључујући идентификацију сваке од парцелица као посебног региона од интереса (РОИ).

##### 4.2. Друга фаза истраживања

За особине покривност, висина биљке и биомаса усева креирање модела за фенотипизацију обавиће се у другој фази истраживања односно у наредне две године огледа. Огледи ће бити постављени по п-реп дизајну (Williams et al., 2011) сваки генотип соје биће посејан на засебној парцелици величине 8 м<sup>2</sup> у четири реда при чему ће неки од

њих бити посејани у више понављања и као такви представљаће контролне генотипове. У овом делу истраживања биће заступљена оплеменењивачка колекција од 206 генотипова соје, при чему ће ови генотипови бити подељени на основу дужине вегетације на ране и касне. Генотипови групе зрења 000 и 00 биће сврстани у ране, а генотипови групе зрења 0, I и II у касне. Како би креирани модели фенотипизације за квантитативне особине били што робуснији, пољски огледи у овој фази истраживања биће обављени са идентичним сетом генотипова на земљиштима који се разликују у погледу квалитета и механичког састава, тако да ће један оглед бити постављен на карбонатном чернозему, а други на песковитом лесу. Фотографисање генотипова соје током друге фазе огледа обавиће се помоћу беспилотне летелице ознаке P4M (DJI, Shenzhen, China). Ова летелица је опремљена мултиспектралном камером са пет канала (Red, Green, Blue, Red Edge, NIR).

За потребе процене покривности генотипова соје развиће се техника маскирања земљишта на дигиталним фотографијама тако да за анализу слике остане само вегетативна површина биљака соје. Покривност сваког анализираног генотипа биће израчуната на основу процента вегетативне масе која испуњава регион од интереса тог генотипа на дигиталној фотографији.

Помоћу фотограметријске обраде слике, анализом дигиталног модела терена (ДМТ) и дигиталног модела површине (ДМП) биће одређена висина генотипова. За потребе провере прецизности дигитално одређене висине у оквиру огледа а непосредно пре сваког фотографисања биће физички измерена висина генотипова соје на одабраним парцелицама. Прикупљање података о висини биљака обавиће се на пет места у оквиру сваке одабране парцелице.

За потребе креирања модела за предикцију биомасе биће посејане додатне парцелице, са обзиром да се ради о деструктивној методи. Ове парцелице ће такође бити фотографисане помоћу беспилотне летелице и мултиспектралне камере а након тога покошене, при чему ће се мерити њихова свежа, а након сушења и сува маса. Са мултиспектралних фотографија ових парцелица биће одређене вредности дигиталних бројева појединачних канала помоћу којих ће бити израчунате и вредности вегетационих индекса. На основу података о физички измереној биомаси и различитим вегетационим индексима биће креиран модел за предикцију биомасе.

Такође, вредности дигиталних бројева са појединачних канала мултиспектралне камере као и вегетациони индекси биће одређени за сваки генотип у оквиру огледа који ће бити спроведени током друге фазе истраживања. Добијене вредности дигиталних бројева за вегетативну површину служиће за израчунавање биомасе свих генотипова из огледа на основу претходно креираног модела за предикцију биомасе.

У пуној зрелости, непосредно пре жетве, од сваког генотипа биће узорковано по пет биљака, на којима ће се одредити вредности морфолошких особина, а након жетве парцелица за сваки генотип биће измерен принос, као најважнија агрономска особина. У лабораторијским условима, анализираће се хемијски састав зрна, у погледу садржаја протеина и уља, односно оцениће се технолошки квалитет испитиваних генотипова.

Током снимања, за центиметарску прецизност позиционирања генотипова на фотографијама биће коришћен RTK (Real-Time Kinematic) систем. Фотографије генотипова соје које буду прикупљене током истраживања биће обрађене помоћу WebODM, Agisoft, FII и R програма. За обраду података добијених на пољу користиће се мешовити линеарни модел као и одговарајуће статистичке методе, применом статистичког софтвера R. Вредности добијене обрадом података из директног фенотипирања, заједно са

оним вредностима који ће се добити обрадом фотографија служиће за креирање и проверу прецизности модела. Развијени модели високопропусне фенотипизације за квантитативне особине соје представљају корисну алатку за повезивање развоја биљака са другим морфолошким, биолошким и агрономским особинама генотипова соје.

## **5. Очекивани резултати и научни допринос**

Очекивани резултат ове докторске дисертације је креирање поузданих модела за високопропусну фенотипизацију генотипова соје. Очекује се да ће креирани модели омогућити предикцију важних квантитативних особина соје као што су покривност, број биљака по јединици површине, висина биљака и биомаса.

Проучавање фенотипа од изузетног је значаја у оплемењивачким програмима како при избору одговарајућег почетног материјала тако и при оцени потомства из планских укрштања. Због наведеног, очекује се да ће креирани модели високопропусне фенотипизације омогућити прикупљање важних података о великом броју генотипова у кратком временском периоду уз значајно мањи утрошак радне снаге.

Током истраживања биће коришћена савремена технологија која укључује употребу беспилотних летелица и различитих дигиталних камера за прикупљање фотографија генотипова соје више пута током вегетационог периода. На основу анализе прикупљених фотографија биће креирани модели високопропусне фенотипизације квантитативних особина соје. За потребе креирања модела поред података добијених анализом фотографија користиће се и напредни модел машинског учења али и друге одговарајуће технике.

Поред прикупљања податка анализираних генотипова соје дигиталним путем биће обављена анализа морфолошких, биолошких и агрономских особина наведених генотипова. Очекује се да ће се успоставити веза између дигитално добијених података и физички измерених особина што би омогућило прецизније утврђивање разлика између анализираних генотипова соје.

Научни допринос истраживања у оквиру дисертације огледа се у томе што би први пут у Републици Србији био праћен ток вегетационог периода биљака соје на основу анализе фотографија прикупљених беспилотном летелицом и дигиталном камером. Такође, употреба модела високопропусне фенотипизације за предикцију важних квантитативних особина допринела би повећању ефикасности оплемењивачких програма. На овај начин следио би се тренд у савременим оплемењивачким институцијама света.

## **6. Закључак**

На основу анализе поднете пријаве, одржане јавне одбране научне заснованости теме, предложеног програма и очекиваних резултата докторске дисертације кандидата—Предрага Ранђеловића, мастер инжењера пољопривреде, Комисија сматра да је изабрана тема, под насловом, „Развој модела за високопропусну фенотипизацију квантитативних особина у оплемењивачким колекцијама соје“, од великог значаја за науку и праксу.

Наведени наслов докторске дисертације одговара постављеном циљу као и програму истраживања. Кандидат је на основу јавне одбране приказао да је значајно упознат са новим трендовима у области оплемењивања који подразумевају употребу нових техника и технологија за прикупљање података о особинама развоја биљака током

вегетационог периода. Искуства која је кандидат стекао досадашњим радом у области оплемењивања биљака допринеће успешнијој реализацији предложених истраживања. Кандидату ће наведена тема дисертације омогућити да искаже своју компетентност и иновативност. Комисија је уверена да ће кандидат наведени програм истраживања спровести у пуном обиму те да ће доћи до поузданих резултата који ће имати значаја како у научном тако и у практичном смислу.

Истраживања у оквиру ове дисертације ће на основу анализе дигиталних фотографија генотипова соје омогућити увид у могућност креирања поузданих модела за вископропусну фенотипизацију. Фотографије ће бити прикупљене помоћу беспилотне летелице и дигиталне камере док ће се за њихову анализу користити технике даљинске детекције и фотограметрије. Циљ истраживања је да креирани модели омогуће предикцију важних особина и пружи увид у ток вегетационог периода соје. На овај начин повећала би се ефикасност актуелних оплемењивачких програма при стварања нових сорти соје. У оквиру ове дисертације, кандидат употребом савремених метода и нових технологија прати светске научне трендове у којима дигитализација заузима све важнију улогу у пољопривредним истраживањима.

На основу свега изнетог, Комисија позитивно оцењује поднету пријаву и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да Предрагу Ранђеловићу, мастер инжењеру пољопривреде, одобри израду докторске дисертације под насловом **„Развој модела за високопропусну фенотипизацију квантитативних особина у оплемењивачким колекцијама соје“**.

## **7. Име и референце предложеног ментора**

Име и презиме ментора 1: **др Славен Продановић**

Звање: **редовни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Kandić, V., Dodig D., Sećanski M., **Prodanović, S.**, Branković G., Titan P. (2019): Grain yield, agronomic traits, and protein content of two- and six-row barley genotypes under terminal drought conditions. *Chilean journal of agricultural research* 79(4):648-657.

2. Radinović I., Vasiljević I., Zorić M., Branković G., Živanović T., **Prodanović S.** (2018): Variability of Red Clover Genotypes on the Basis of Morphological Markers. *Genetika* 50(3):895-906.

3. Wang W., Wang K., Chen X., **Prodanovic S.**, Li X., Ye X., Yan Y. (2018): Molecular Characterization and Phylogenetic Analysis of One Omega-Gliadin Gene from *Aegilops Speltoides* L. *Genetika* 50(2): 503-517.

4. Jocković M., Jocić S., **Prodanović S.**, Cvejić S., Ćirić M., Čanak P., Marjanović-Jeromela A. (2018): Evaluation of Combining Ability and Genetic Components in Sunflower. *Genetika* 50(1):187-198.

5. Djurić N., **Prodanović S.**, Branković G., Djekić V., Cvijanović G., Žilić S., Dragičević V., Zečević V., Dozet G. (2018): Correlation-Regression Analysis of Morphological-Production Traits of Wheat Varieties. *Romanian biotechnological letters* 23(2):13457-13465.

Име и презиме ментора 2: **др Вук Ђорђевић**

Звање: **виши научни сарадник**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Ђорђевић, V.**, Ćeran, M., Miladinović, J., Balešević-Tubić, S., Petrović, K., Miladinov, Z., Marinković, J. (2019): Exploring the performance of genomic prediction models for soybean yield using different validation approaches. *Molecular Breeding* 39:74.
2. Miladinović, J., Vidić, M., **Ђорђевић, V.**, Balešević-Tubić, S. (2015): New trends in plant breeding-example of soybean. *Genetika* 47:131-142.
3. Tomičić, M., **Ђорђевић, V.**, Obreht, D., Miladinović, J., Brbaklić, Lj., Mikić, A., Mikić, S. (2015): Tracking footprints of selection associated with soybean adaptation to Central-East Europe environments. *Euphytica* 203:701-713.
4. Miladinović, J., Burton, J. W., Balešević Tubić, S., Miladinović, D., **Ђорђевић, V.**, Đukić, V. (2011): Soybean breeding: comparison of the efficiency of different selection methods. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35:469-480.
5. Miladinović, J., **Ђорђевић, V.**, Balešević-Tubić, S., Petrović, K., Ćeran, M., Cvejić, J., Bursać, M., Miladinović, D. (2019): Increase of isoflavones in the aglycone form in soybeans by targeted crossings of cultivated breeding material. *Scientific Reports* 9:10341.

Београд – Земун

Дана 21. 5. 2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Томислав Живановић, редовни професор, председник  
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет  
(ужа научна област: Генетика)

др Славен Продановић, редовни професор, члан  
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет  
(ужа научна област: Оплеменењање биљака)

др Вук Ђорђевић, виши научни сарадник, члан  
Институт за Ратарство и повртарство у Новом Саду,  
(ужа научна област: Генетика и оплеменењање)

др Наташа Милосављевић, доцент, члан  
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет  
(ужа научна област: Математика и информатика)

др Марина Ђеран, научни сарадник, члан  
Институт за Ратарство и повртарство у Новом Саду,  
(ужа научна област: Генетика и оплеменењање)

## Прилог 1. Списак литературе која ће се користити у истраживању:

- Bendig, J., Bolten, A., Bennertz, S., Broscheit, J., Eichfuss, S., Bareth, G. (2014): Estimating Biomass of Barley Using Crop Surface Models (CSMs) Derived from UAV-Based RGB Imaging. *Remote Sensing* 6: 10395-10412.
- Bendig, J., Yu, K., Aasen, H., Bolten, A., Bennertz, S., Broscheit, J., Gnyp, M.L., Bareth, G. (2015): Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near-infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 39: 79-87.
- Burssens, S., Pertry, I., Ngudi, D.D., Kuo, Y.H., Van Montagu, M., Lambein, F. (2011): Soya, Human Nutrition and Health. In H.A. El-Shamy (Eds.), *Soybean & Nutrition*, IntechOpen, London, pp. 157-180.
- Chen, K.I., Erh, M.H., Su, N.W., Liu, W.H., Hou, C.C., Cheng, K.C. (2012). Soyfoods and soybean products: from traditional use to modern applications. *Applied Microbiology and Biotechnology* 96: 9-22.
- Cutler, D.R., Edwards, T.C., Bear, K.H., Cutler, A., Hess, K.T., Gibson, J., Lawler, J.J. (2007): Random Forests for classification in ecology. *Ecology* 88: 2783-2792.
- FAO, (2019): The world soybean production. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat>
- Fiorani, F., Schurr U. (2013): Future scenarios for plant phenotyping. *Annual review of plant biology* 64: 267-91.
- Gnädinger, F., Schmidhalter, U. (2017): Digital Counts of Maize Plants by Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Remote Sensing* 9: 544.
- Hatfield, J.L., Prueger, J.H. (2010): Value of using different vegetative indices to quantify agricultural crop characteristics at different growth stages under varying management practices. *Remote Sensing* 2: 562-578.
- Jannoura, R., Brinkmann, K., Uteau, D., Bruns, C., Joergensen, R.G. (2015): Monitoring of crop biomass using true colour aerial photographs taken from a remote controlled hexacopter. *Biosystems Engineering* 129: 341-351.
- Kim, S., Dale, B.E. (2009): Regional variations in greenhouse gas emissions of biobased products in the United States-corn-based ethanol and soybean oil. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 14: 540-546.
- Koh, J. C., Hayden, M., Daetwyler, H., Kant, S. (2019): Estimation of crop plant density at early mixed growth stages using UAV imagery. *Plant methods* 15: 64.
- Lobos, G.A., Camargo, A.V., del Pozo, A., Araus, J.L., Ortiz, R., Doonan, J.H. (2017): Editorial: Plant Phenotyping and Phenomics for Plant Breeding. *Frontiers in Plant Science* 8: 2181.
- Miladinović, J., Burton, J. W., Balešević Tubić, S., Miladinović, D., Đorđević, V., Đukić, V. (2011): Soybean breeding: comparison of the efficiency of different selection methodes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestr*, 35: 469-480.
- Miladinović, J., Vidić, M., Đorđević, V., Balešević-Tubić, S. (2015): New trends in plant breeding-example of soybean. *Genetika* 47: 131-142.
- Moreira, F.F., Hearst, A.A., Cherkauer, K.A., Rainey, K.M. (2019): Improving the efficiency of soybean breeding with high-throughput canopy phenotyping. *Plant Methods* 15: 139.
- Omari, M.K., Lee, J., Faqeerzada, M.A., Joshi, R., Park, E., Cho, B.K. (2020): Digital image-based plant phenotyping: a review. *Korean Journal of Agricultural Science* 47:119-130.

Republički zavod za statistiku. (2020): Statistički godišnjak. Beograd: Republički zavod za statistiku. <https://publikacije.stat.gov.rs/G2020/Pdf/G20202053.pdf>

Tao, H., Feng, H., Xu, L., Miao, M., Long, H., Yue, J., Li, Z., Yang, G., Yang, X., & Fan, L. (2020): Estimation of crop growth parameters using UAV-based hyperspectral remote sensing data. *Sensors* 20: 1296.

Van Roekel, R.J., Purcell, L.C., & Salmeron, M. (2015): Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. *Field Crops Research* 182: 86-97.

Williams, E., Piepho, H-P., Whitaker, D. (2011): Augmented p-rep designs. *Biometrical Journal* 53: 19-27.

Wilson, R. F. (2004): Seed composition. In H. R. Boerma, J. E. Specht, (Eds.), *Soybeans, 3rd edition: Improvement, production, and uses*. American Society of Agronomy, Madison, pp. 621-669.

Yuan, W., Wijewardane, N.K., Jenkins, S., Bai, G., Ge, Y., Graef, G.L. (2019): Early Prediction of Soybean Traits through Color and Texture Features of Canopy RGB Imagery. *Scientific Reports* 9: 14089.

Zhao et al., (2019). Zhao, C., Zhangm Y., Du, J., Guo, X., Wen, W., Gu, S., Wang, J., Fan, J. (2019): Crop phenomics: current status and perspectives. *Frontiers in Plant Science* 10: 714.

**Прилог 2. Списак саопштених и објављених научних и стручних радова  
кандидата**

Đorđević, V., Čeran (Tomičić), M., Miladinović, J., Balešević-Tubić, S., Petrović, K., **Randelović, P.**, Marinković, J. (2019): Genomic prediction-new tool in soybean breeding. Proceedings of the 6. Congress of the Serbian Genetic Society. Vrnjačka Banja, Srbija, pp. 185-185.

Đukić, V., Balešević-Tubić, S., Miladinov, Z., **Randelović, P.**, Dozet, G. (2019): Uticaj gustine setve na neke morfološke osobine soje (*Glycine max*). Zbornik radova 9. Međunarodni simpozijum o upravljanju prirodnim resursima. Zaječar, Srbija, pp. 156-162

Đukić, V., Dozet, G., Miladinov, Z., Cvijanović, M., Vasiljević, M., Cvijanović, G., **Randelović, P.** (2019): Promena morfoloških osobina soje pri različitom sklopu biljaka. Zbornik radova XXIV Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem. Čačak, Srbija, pp. 215-220.

Đukić, V., Miladinov, Z., Dozet, G., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., **Randelović, P.**, Čeran (Tomičić), M. (2019): Međuredna kultivacija - agrotehnička mera za povećanje prinosa soje. Journal of Agricultural Sciences 64 (1):1-8.

Đukić, V., Miladinović, J., Miladinov, Z., Stojanović, D., **Randelović, P.**, Dozet, G., Jaćimović, S. (2020): Sadržaj proteina i ulja u NS sortama soje registrovanim u 2020. godini. Uljarstvo 51(1): 5-9.

Krsmanović, S., Petrović, K., Đorđević, V., Čeran (Tomičić), M., **Randelović, P.**, Miladinović, J., Balešević-Tubić, S. (2019): Plant protection society of Serbia (Ed.), Diversity of Diaporthe species on soybean seed in Serbia. Proceedings of the 8. Congress on Plant Protection: Integrated Plant Protection for Sustainable Crop Production and Forestry. Zlatibor, Srbija, pp. 168.

Miladinov, Z., Dozet, G., Balešević-Tubić, S., Miladinović, J., Đorđević, V., **Randelović, P.**, Cvijanović, M. (2018): Uticaj NS nitragina i zaoravanja žetvenih ostataka na prinos soje. Zbornik radova 1. Domaći naučno-stručni skup "Održiva primarna poljoprivredna proizvodnja u Srbiji-stanje, mogućnosti, ograničenja i šanse". Bačka Topola, Srbija, pp. 108-114.

Miladinov, Z., Đukić, V., Dozet, G., Čeran (Tomičić), M., Petrović, K., **Randelović, P.**, Cvijanović, G. (2019): Sadržaj ulja i proteina u NS sortama soje. Zbornik radova, 60. Savetovanje industrije ulja „Proizvodnja i prerada uljarica“. Herceg Novi, Crna Gora, pp. 63-69.

Miladinov, Z., Đukić, V., Dozet, G., Vasiljević, M., Merkulov-Popadić, L., **Randelović, P.**, Petrović, K. (2019): Uticaj sklopa biljaka na prinos i žetveni indeks soje. Zbornik radova Održiva poljoprivredna proizvodnja „Uloga poljoprivrede u zaštiti životne sredine“. Beograd, Srbija, pp. 129-134.

Pejić, B., Mačkić, K., **Randelović, P.**, Valtner, I., Gvozdanović-Varga, J., Bezdan, A. (2018): Effects of surface and subsurface drip irrigation on the yield, vegetative growth and water productivity of onions. Contemporary Agriculture, 67 (2): 149-156.

Pejić, B., Mačkić, K., **Randelović, P.**, Milić, S., Sikora, V., Bekavac, G., Bajić, I., Simić, D. (2019): Primena indirektnih metoda u obračunu utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta 43(2): 78-91.

**Randelović, P.**, Đorđević, V., Milić, S., Balešević-Tubić, S., Petrović, K., Miladinović, J., Đukić, V. (2020): Prediction of Soybean Plant Density Using a Machine Learning Model and Vegetation Indices Extracted from RGB Images Taken with a UAV. Agronomy 10: 1108.

**Randelović, P.**, Đorđević, V., Čeran (Tomičić), M., Petrović, K., Miladinović, J., Đukić, V., Miladinov, Z., Krsmanović, S. (2019): Screening early soybean germplasm for yield and agronomic important traits. Serbian Genetic Society (Ed.), Proceedings of the 6. Congress of the Serbian Genetic Society. Vrnjačka Banja, Srbija, pp. 223.

**Randelović, P.**, Đukić, V., Dozet, G., Đorđević, V., Petrović, K., Miladinov, Z., Čeran, M. (2019): Povećanje prinosa soje folijarnom prihranom biljaka. Zbornik radova Održiva poljoprivredna proizvodnja „Uloga poljoprivrede u zaštiti životne sredine“. Beograd, Srbija., pp. 55-62

**Randelović, P.**, Đukić, V., Miladinov, Z., Valan, D., Čobanović, L., Ilić, A., Merkulov-Popadić, L. (2018). Uticaj folijarne prihrane na prinos i masu 1000 zrna soje. Zbornik radova 1. Domaći naučno-stručni skup "Održiva primarna poljoprivredna proizvodnja u Srbiji - stanje, mogućnosti, ograničenja i šanse". Bačka Topola, Srbija, pp. 211-217.

Čeran (Tomičić), M., Đorđević, V., Balešević-Tubić, S., Petrović, K., Miladinović, J., **Randelović, P.**, Miladinov, Z., Đukić, V. (2018): Functional enrichment analysis of marker effects from genomic prediction models in soybean. Proceedings of the 1. Balkan Botanical Congress-7BBC. Novi Sad, Srbija, pp. 67.