

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
<p>1. Датум и орган који је именовао комисију: Решење Декана Факултета техничких наука на основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, 012-40/993-2025 од дана 1.10.2026.</p> <p>2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i>:</p>		
1.	<p>Попов др Срђан</p> <hr/> <p>презиме и име</p> <p>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <hr/> <p>установа у којој је запослен-а</p>	<p>Редовни професор</p> <hr/> <p>звање</p> <p>Председник</p> <hr/> <p>функција у комисији</p>
		<p>Примењене рачунарске науке и информатика, 26.04.2022.</p> <hr/> <p>ужа научна област и датум избора</p>
2.	<p>Врбашки др Дуња</p> <hr/> <p>презиме и име</p> <p>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <hr/> <p>установа у којој је запослен-а</p>	<p>Доцент</p> <hr/> <p>звање</p> <p>Члан</p> <hr/> <p>функција у комисији</p>
		<p>Примењене рачунарске науке и информатика, 01.11.2020.</p> <hr/> <p>ужа научна област и датум избора</p>
3.	<p>Дорословачки др Ксенија</p> <hr/> <p>презиме и име</p> <p>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <hr/> <p>установа у којој је запослен-а</p>	<p>Редовни професор</p> <hr/> <p>звање</p> <p>Члан</p> <hr/> <p>функција у комисији</p>
		<p>Теоријска и примењена математика, 08.07.2024.</p> <hr/> <p>ужа научна област и датум избора</p>
4.	<p>Јоцковић др Јелена</p> <hr/> <p>презиме и име</p> <p>Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад</p> <hr/> <p>установа у којој је запослен-а</p>	<p>Научни сарадник</p> <hr/> <p>звање</p> <p>Члан</p> <hr/> <p>функција у комисији</p>
		<p>Генетика и оплемењивање, 29.03.2024.</p> <hr/> <p>ужа научна област и датум избора</p>
5.	<p>Купусинац др Александар</p> <hr/> <p>презиме и име</p> <p>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду</p> <hr/> <p>установа у којој је запослен-а</p>	<p>Редовни професор</p> <hr/> <p>звање</p> <p>Ментор</p> <hr/> <p>функција у комисији</p>
		<p>Примењене рачунарске науке и информатика, 19.05.2021.</p> <hr/> <p>ужа научна област и датум избора</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ		
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Оливера, Јован, Лазић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 06.08.1995., Нови Сад, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:</p>		

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, мастер академске студије
Рачунарство и аутоматика, мастер инжењер електротехнике и рачунарства

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:
2019, Рачунарство и аутоматика

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Примена вештачке интелигенције у оптимизацији узгоја сунцокрета: Детекција стреса услед
суше и предвиђање висине приноса уља

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикана и сл.

Докторска дисертација припада научној области Електротехника и рачунарство, односно ужој научној области Примењене рачунарске науке и информатика. Написана је на српском језику на 122 страна А4 формата латиничним писмом. Главни део дисертације садржи 7 поглавља уз додатак, литературу и план третмана података. Дисертација садржи 36 слика, 16 табела и 212 референци.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе и актуелно стање у области
3. Теоријске основе
4. Методологија
5. Резултати
6. Дискусија
7. Закључак

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Предмет дисертације је примена савремених метода вештачке интелигенције, посебно техника машинског и дубоког учења, у анализи података о биљкама сунцокрета ради детекције стреса услед суше и предвиђања висине приноса уља.

Докторска дисертација је организована у седам поглавља.

У првом поглављу изнета је мотивација за истраживање, где је описан значај аутоматизованих метода заснованих на вештачкој интелигенцији, за оптимизацију производње усева. Указано је на проблем недостатка ефикасних и прецизних метода за рано препознавање стреса услед суше и предвиђање висине приноса уља код сунцокрета, што је додатно отежано све израженијим ефектима климатских промена. Такође су истакнути предмет и циљ дисертације и дефинисане хипотезе истраживања.

У другом поглављу дат је преглед релевантних истраживања, као и актуелно стање у области примене вештачке интелигенције у агрономији, са посебним освртом на детекцију стреса услед суше и предвиђање висине приноса. Приказани су савремени приступи, коришћени подаци и алгоритми, као и њихова ограничења. На крају поглавља, анализирани су кључни проблеми у примени ових метода и разматрана су потенцијална решења.

У трећем поглављу изложене су теоријске основе потребне за разумевање концепата коришћених у оквиру докторске дисертације. Представљени су основни појмови, дефиниција, подела и историјски развој вештачке интелигенције као и њен значај и применљивост у различитим областима. Такође су обрађени основни концепти машинског учења, вештачких неуронских мрежа и дубоког учења. Представљене су и конволуционе неуронске мреже и принцип трансферног учења.

Четврто поглавље бави се методологијом коришћеном у дисертацији. У првом делу описана је методологија за детекцију стреса услед суше код биљака сунцокрета. У оквиру тога описани су експериментална поставка, скуп података, поступци обраде и аугментације података, као и избор, припрема, обука модела дубоког учења и њихова евалуација. У другом делу описана је методологија за предвиђање висине приноса уља код сунцокрета. Овај део методологије обухвата опис теренских огледа и скупа података, експлораторну анализу података, опис коришћених модела машинског учења, обуку модела и њихову евалуацију. На крају поглавља представљена је имплементација софтверског решења коришћеног за реализацију описаних метода и модела.

У петом поглављу представљени су резултати експерименталних истраживања спроведених у оквиру дисертације. У првом делу овог поглавља приказани су резултати детекције стреса услед суше код сунцокрета. Резултати обухватају анализу перформанси модела, утицај формата слика и различитих приступа аугментацији података, као и визуелну и временску анализу рада модела. У другом делу поглавља изложени су резултати предвиђања висине приноса уља код сунцокрета. Упоредијене су перформансе коришћених регресионих алгоритама, извршена је визуелна анализа предикција и анализа важности и статистичког утицаја карактеристика на висину приноса уља.

Шесто поглавље садржи дискусију резултата добијених у оквиру истраживања. Анализирани су резултати детекције стреса услед суше, при чему су разматране перформансе модела, утицај аугментације и формата слика, као и могућност примене добијених резултата у практичним проблемима у пољопривреди. У другом делу поглавља дискутовани су резултати предвиђања висине приноса уља. Посебан осврт био је на анализу карактеристика хибрида са највећим приносом и успешности примењених метода машинског учења за предвиђање и значају појединих карактеристика.

У седмом поглављу представљени су закључци истраживања заједно са сажетим приказом најзначајнијих резултата и остварених научних доприноса. Размотрено је у којој мери су испуњени постављени циљеви истраживања и постављене хипотезе, док су на крају издвојене могућности и потенцијални правци за даљи развој и унапређење истраживања.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

M21 - Врхунски међународни часопис

1. **Lazić, O.**, Cvejić, S., Dedić, B., Kupusinac, A., Jocić, S., & Miladinović, D. (2024). Transfer learning in multimodal sunflower drought stress detection. *Applied Sciences*, 14(14), 6034.
2. Cvejić, S., **Hrnjaković, O.**, Jocković, M., Kupusinac, A., Doroslovački, K., Gvozdenac, S., Jocić, S., & Miladinović, D. (2023). Oil yield prediction for sunflower hybrid selection using different machine learning algorithms. *Scientific Reports*, 13(1), 17611.

M34 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

3. Cvejić, S., Dedić, B., Radanović, A., Jocković, M., **Lazić, O.**, Gvozdenac, S., Ćuk, N., Bursać, S., Jocković, J., Jocić, S. & Miladinović, D. (2024). Innovations in sunflower breeding for enhanced drought adaptation. In *Proceedings of the 21st International Sunflower Conference* (pp. 87–88). Wuyuan, China: International Sunflower Association.
4. Dedić, B., Miladinović, D., Bursać, S., Jocić, S., Jocković, J., Radanović, A., Jocković, M., **Lazić, O.** & Cvejić, S. (2024). Drought tolerance in sunflower: Two phenotyping methods. In *Book of Abstracts, 7th Congress of the Serbian Genetic Society* (pp. 230). Zlatibor, Serbia: Društvo genetičara Srbije.
5. Cvejić, S., **Hrnjaković, O.**, Jocković, M., Kupusinac, A., Doroslovački, K., Radeka, I., Jocić, S., Miladinović, D. & Miklič, V. (2022). Feature selection and performance assessment of machine learning algorithms for sunflower oil yield prediction. In *Proceedings of the 20th International Sunflower Conference* (pp. 105). Novi Sad, Serbia: International Sunflower Association.
6. Radanović, A., Cvejić, S., Luković, J., Jocković, M., Jocić, S., Dedić, B., Gvozdenac, S., Ćuk, N., Hladni, N., Jocković, J., **Hrnjaković, O.** & Miladinović, D. (2022). Creating climate smart sunflower for future challenges—The SmartSun multidisciplinary project. In *Proceedings of the 20th International Sunflower Conference* (pp. 252). Novi Sad, Serbia: International Sunflower Association.
7. Aleksić, M., Grahovac, N., Cvejić, S., Miladinović, D., Radanović, A., **Lazić, O.**, & Jocković, J. (2024). Attractiveness of wild *Helianthus* species inflorescences in drought conditions. In *Program and the Book of Abstracts, 22nd Young Researchers' Conference-Materials Science and Engineering*, 4-6 December 2024, Belgrade (pp. 25-25). Belgrade: Institute of Technical Sciences of SASA.

M64 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу

8. Cvejić, S., Radanović, A., Kondić-Špika, A., Miladinović, D., Luković, J., Jocković, J., Dedić, B., Jocković, M., **Hrnjaković, O.**, Gvozdenac, S., Ćuk, N., Hladni, N. & Jocić, S. (2023). SmartSun projekat: Multidisciplinarni pristup u potrazi za "klimatski pametnim" suncokretom. In *Zbornik apstrakata, 10. Simpozijum Društva selekcionera i semenara Republike Srbije i 7. Simpozijum Sekcije za oplemenjivanje organizama Društva genetičara Srbije* (pp. 143–144). Vrnjačka Banja, Serbia.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

У докторској дисертацији је представљено истраживање примене метода вештачке интелигенције у агрономији, са фокусом на предвиђање висине приноса сунцокретовог уља и детекцију стреса изазваног сушом.

Циљ истраживања био је примена савремених метода вештачке интелигенције за унапређење могућности правовремене детекције стреса услед суше и предвиђања висине приноса уља код сунцокрета, чиме се може допринети одрживој пољопривреди кроз ефикаснију употребу ресурса. Истраживање има два специфична циља:

1. развој модела за детекцију стреса услед суше код биљака сунцокрета применом метода машинског и дубоког учења;
2. развој модела за предвиђање висине приноса сунцокретовог уља применом метода машинског учења.

У истраживању су примењени алгоритми машинског учења SVR, K-NN и RFR, као и ANN и CNN архитектуре VGG16, VGG19, InceptionV3, DenseNet121 и MobileNet.

Резултати су показали да је у области детекције стреса услед суше најбоље перформансе остварио MobileNet, са F1-скором и тачношћу од 0,95, док је у области предвиђања висине приноса сунцокретовог уља најбоље перформансе остварио RFR модел, са просечном вредношћу коефицијента детерминације R^2 од 0,83 за анализирани скупове података у две експерименталне сезоне.

Постављене хипотезе су потврђене. Резултати су показали да визуелни фенотип биљака сунцокрета садржи релевантне информације за детекцију стреса услед суше, да одговарајуће технике аугментације података могу допринети побољшању перформанси модела дубоког учења, као и да генетичке карактеристике хибрида и агроеколошки услови представљају значајне факторе за предвиђање висине приноса сунцокретовог уља.

Доприноси истраживања су следећи:

- Развијен је приступ за детекцију стреса услед суше код сунцокрета применом метода дубоког учења над сликама надземних делова биљака и кореновог система. На основу визуелних фенотипских карактеристика омогућено је разликовање биљака изложених стресу изазваном сушом од контролних биљака. Анализирано је и упоређено неколико архитектура конволутивних неуронских мрежа, при чему је MobileNet остварио најбоље перформансе за детекцију стреса изазваног сушом.
- Испитана је примена техника аугментације података у обучавању модела дубоког учења за детекцију стреса изазваног сушом. Резултати су показали да одговарајуће технике проширења скупа података могу допринети побољшању перформанси модела, посебно у условима ограничене доступности сликовних података.
- Развијен је и евалуиран приступ за предвиђање висине приноса сунцокретовог уља применом метода машинског учења на основу генетичких карактеристика хибрида и агроеколошких података производних локација. Упоређено је неколико алгоритама, при чему је RFR модел показао најбоље перформансе.
- Утврђен је значај појединачних улазних карактеристика за предвиђање висине приноса сунцокретовог уља применом анализе значаја карактеристика и статистичке анализе. Резултати су указали на значај генетичких карактеристика хибрида за остваривање приноса уља у различитим агроеколошким условима.
- Дефинисани су правци даљег развоја приступа, који обухватају проширење и диверсификацију скупова података већим бројем генотипова, хибрида, експерименталних сезона и климатских региона, као и примену напреднијих архитектура дубоког учења и мултимодалних модела за истовремено коришћење визуелних и нумеричких података.
- Разматрана је могућност примене развијених модела у интелигентним системима за подршку

одлучивању у прецизној пољопривреди.
VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА: Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.
<p>Приказ и тумачење експерименталних резултата у дисертацији су јасни и прегледни. Изведени закључци су поткрепљени одговарајућим теоријским анализама и резултатима истраживања. Резултати су представљени кроз графичке приказе, табеле и аналитичка поређења, уз навођење претходних релевантних истраживања. Дисертација је верификована применом софтвера за детекцију плагијаризма iThenticate.</p> <p>У складу са наведеним, комисија ПОЗИТИВНО оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ: Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање. Навести нумеричке податке о резултатима провере оригиналности рада и дати текстуално образложење.
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?</p> <p>Докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?</p> <p>Дисертација садржи све битне елементе.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?</p> <p>Оригиналан допринос дисертације науци представља примену и развој приступа заснованих на вештачкој интелигенцији за решавање два значајна проблема у производњи сунцокрета – детекција стреса услед суше и предвиђање висине приноса сунцокретовог уља. Најпре, допринос представља развој модела дубоког учења уз коришћење трансферног учења за детекцију стреса услед суше на основу слика корена и изданака сунцокрета, чиме је омогућено препознавање одговора биљака на различите нивое доступности воде. Поред тога, развијен је предиктивни модел висине приноса уља који интегрише агрономске, генетичке и факторе животне средине, чиме се омогућава процена хибрида у различитим агроеколошким условима. Коначно, истраживање креира нове скупове података који обухватају слике корена и изданака сунцокрета и вишегодишње теренске податке о хибридима, приносу и условима производње, што ствара основу за даља истраживања у прецизној пољопривреди.</p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?</p> <p>Дисертација нема битне недостатке који утичу на резултате истраживања.</p>
<p>5. Образложење резултата провере оригиналности рада (нумерички и наративно):</p> <p>Провером рада на плагијаризам, применом програмског пакета iThenticate, утврђен је проценат преклапања од 5%, на основу чега Комисија констатује да је кандидаткиња адекватно цитирала коришћену литературу и да оригиналност добијених научних резултата и дискусије није упитна.</p>

X	ПРЕДЛОГ:
	На основу наведеног, комисија предлаже:
	<u>а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;</u> б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум: Нови Сад,

1. др Срђан Попов, редовни професор

_____, председник

2. др Дуња Врбашки, доцент

_____, члан

3. др Ксенија Дорословачки, редовни професор

_____, члан

4. др Јелена Јоцковић, научни сарадник

_____, члан

5. др Александар Купусинац, редовни професор

_____, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.