

ВЕЋУ ЗА СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ У БЕОГРАДУ

На редовној седници Већа за студије при Универзитету у Београду одржаној 16. јуна 2025. године, Одлуком бр. 06-3901/VII-3.1/4-25 именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације под насловом: „Анализа функционалног исхода код пацијената са лумбалним болом третираних ласерском и фармаколошком терапијом уз помоћ вештачке интелигенције“ и испуњености услова кандидата **Зоране, З. Стоисављевић**, и предложених ментора **др Оливере Ђорђевић** и **др Катарине Ђорђевић**.

На основу поднете документације уз Пријаву теме кандидата **Зоране, З. Стоисављевић**, Комисија подноси Већу за студије при Универзитету у Београду следећи:

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ И ИСПУЊЕНОСТИ УСЛОВА КАНДИДАТА И МЕНТОРА

1. Биографија кандидата

Зорана Стоисављевић је рођена 15.07.1997. године у Врбасу, Србија. Уписала је Медицински факултет Универзитета у Београду, студијски програм – Интегрисане академске студије медицине 2016. године. Дипломирала је 2022. године и стекла звање Доктор медицине. Обавила је обавезни лекарски стаж и положила државни испит 2019. године. Од 2022. године је докторанд мултидисциплинарних докторских студија Универзитета у Београду – студијски програм Биомедицинско инжењерство и технологије. У звању истраживача приправника од 2022. године запослена на Институту за нуклеарне науке “Винча”.

Положени испити на докторским студијама

Предмет	Оцена	ЕСПБ
Основи биомедицинског инжењерства	10	6
Принципи биомедицинске инструментације и мерења	10	15
Научно истраживачке методе и биоетика у биомедицинском инжењерству	10	9
Физика, технологија и карактеризација биоматеријала	10	9
Вештачка интелигенција	10	6

Основи неурокардиологије	10	9
Методе и инструментација за електрофизиологију	10	9
Неуронске мреже	10	6
Системи одлучивања у медицини	10	6
Специјални курс из биомедицинског инжењерства 1		5
Специјални курс из биомедицинског инжењерства 2		10
Завршни рад 1		10
Завршни рад 2		20
Просечна оцена/Укупно	10, 0	120

2. Библиографија кандидата (категорисано према категоризацији надлежног Министарства)

2.1. Објављени радови или прихваћени за штампу

Истакнути међународни часопис (M21A)

1. Djordjević, K.L.J., **Stoisavljević, Z.Z.**, Dragaš, M.A., Stanimirović, I., Stanimirović, Z. Suljovrujić, E., Galović, S.P. Application of neural network to study of frequency range effect to photoacoustic measurement of thermoelastic properties of thin aluminum samples (2024) Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 236, art. no. 115043, . DOI: 10.1016/j.measurement.2024.115043

Конференције и скупови

1. **Z.Z. Stoisavljevic**, S.P. Galovic, D.D. Tasic, I.A. Stanimirovic, K.Lj. Djordjevic, Application of the neural network algorithm in the assessment of the stage of the acute kidney damage and the selection of the treatment modalities, The Second Serbian International Conference on Applied Artificial Intelligence (SICAAI). ISBN 978-86-81937-77-5, COBISS.SR-ID 115667465
2. D.Z. Vašalić, **Z.Z. Stoisavljević**, K.Lj. Đorđević, D.S. Miličević, The influence of irradiation modalities and preparation conditions on different properties of irradiated low-density polyethylene and isotactic polypropylene. 9th conference of Young Chemists of Serbia, Novi Sad, 4th November 2023
3. **Z.Stoisavljevic**, Recognition of Syncope in Post-Covid-19 syndrome using artificial intelligence, The 13th International Symposium on Neurocardiology "NeuroCard 2024", 4-5 October 2024 Institute for Cardiovascular Diseases "Dedinje" Belgrade, Serbia.
4. **Z.Z. Stoisavljevic**, S.P. Galović, K.Lj. Đorđević, Application of polylactide (PLA) biomaterials in various fields of medicine. 21st Young Researchers' Conference, November 29 - December 1, 2023, ISBN 978-86-80321-38-7
5. D.Tasic, **Z. Stoisavljevic**, S. Galovic, K. Djordjević, Classification of patients with acute kidney damage on the base of blood pressure value as a risk factor using a neural network, Nephrology Dialysis Transplantation, 39(1), 2024, <https://doi.org/10.1093/ndt/gfae069.1144>

3. Предмет и циљеви докторске дисертације

3.1. Предмет докторске дисертације

Лумбални бол са радикулопатијом представља значајан клинички проблем са функционалним последицама. Међу савременим терапијским приступима истичу се терапија ласерима мале снаге (low-level laser therapy-ЛЛЛТ) као неинвазивна физикална метода и нестероидни антиинфламаторни лекови (NSAIL) попут нимесулида. Развој метода вештачке интелигенције омогућава додатну евалуацију и предикцију терапијских исхода на основу комбинације клиничких и демографских података. Циљ нам је да упоредимо ефикасност ЛЛЛТ и нимесулида у третману лумбалног бола и да испитамо могућност предикције функционалног исхода (Oswestry индекс) применом неуронских мрежа, класификационих алгоритама и Fuzzy логики користећи клиничке и демографске улазне податке. У анализи ће бити посматрани пацијенти са

различитим степенима бола у доњем делу леђа, који су третирани само ласерском терапијом и сврстани су у групу А, као и друга група пацијената који су третирани поред терапије ласером додатно и медикаментном терапијом, и који су сврстани у групу Б. Код ових пацијената су прикупљени подаци из групе демографских (пол, старост) и антропометријских (Body mass index) мерења, самооцена интензитета бола према визуелној аналогој скали (VAS), Shober test – лумбална флексибилност, PCS (physical component summary) и MCS (mental component summary) – физичка и ментална компонента здравља, и Oswestry disability индекс којим процењујемо функционални исход пре и након терапије. Код обе групе биће спроведена класична статистичка обрада резултата, а затим ће бити уграђено медицинско експертско знање у формирању индикатора који ће бити коришћени у развоју предиктивних неуронских мрежа, класификационих алгоритама и Fuzzy логике са циљем што боље анализе фактора који утичу на ефикасност терапије и избор терапије коју лекар треба да направи.

3.2. Циљеви докторске дисертације

Проблем лечења пацијената са лумбалним болом је генерално широк, и постоји потреба примене вештачке интелигенције у анализи већег броја података и њихове генерализације.

База података на којој се спроводи истраживање је ограничена, подаци су прикупљени у Клиници за рехабилитацију „Др. Мирослав Зотовић“, али она ће бити коришћена као полазна основа, и допуњена експертским лекарским знањем и подацима јавно доступним из демографских и статистичких података.

Циљ докторске дисертације је да се покаже да се вештачка интелигенција може искористити као метод обраде података пацијената у анализи клиничких података којом се може показати степен утицаја различитог начина иницијације параметра. Циљ је да се направи систем вештачке интелигенције која је оформљена у складу са системом одлука ординирајућег лекара, са системом класификатора одлуке за терапију, или додатне терапије код пацијената са лумбалним болом. Даље, анализа која препознаје колико време јављање пацијената има утицај на коначан исход терапије, или да ли постоји разлика у коначном ефекту појединих терапија у зависности од времена јављања. Затим колико MCS и-или PCS утиче на исход терапије, тј моделовање исхода терапије у зависности од улазних параметара.

4. Хипотезе

1. Неуронска мрежа може ефикасно моделовати исход терапије (OSW или промене), на основу улазних параметара, (BMI, PCS, MCS)

2. Постојање корелације између улазних параметара и добијених исхода (Feature Importance)
3. Анализа неуронским мрежама колико време јављања пацијената од појаве првих симптома утиче на исход терапије, тј јављање пацијената и предузимање терапије у првих седам дана од почетка болова, значајно повећава успех примењене терапије
4. Скорови PCS, MCS имају већи допринос тачности предвиђања исхода него демографски подаци (пол, године..)

5. План рада

Планиране су следеће фазе у реализацији истраживања и изради докторске дисертације:

1. Преглед стручне литературе из области неопходних за реализацију истраживања
2. Практични део истраживања
 - прикупљање података
 - реализација експеримента
 - уграђивање експертског знања и формирање индикатора који могу допринети разумевању ефикасности примењене терапије и њеном избору
 - развој и тренирање модела
 - валидација и евалуација модела
 - анализа резултата и визуализација резултата
 - интерпретација резултата
 - публикација научног рада
3. Израда рукописа докторске дисертације

6. Методе које се користе у истраживању

Вештачке неуронске мреже врше нелинеарно пресликавање једног векторског простора у други. Једна од најчешћих примена у медицини је да корелише параметре са неким исходом са циљем да ће мрежа, на довољно великом сету података и добрим избором програма са великом прецизношћу поновити научене параметре. Прикупљање података, припрема података, и стандардна анализа уз утврђивање корелације између података биће вршена у Excel, SPSS. Биће формиран модели вештачке интелигенције за анализу функционалног исхода пацијената са лумбалним болом. Нагласићемо моделе на бази Fuzzy логике, моделе неуронских мрежа, моделе дубоког учења, Bayes класификатор коришћењем MatLab програма.

7. Мултидисциплинарност теме

Мултидисциплинарност израде ове докторске дисертације се огледа у примени знања и техника из више различитих области. За дијагнозу, одређивање терапије болести и функционалног исхода пацијената је потребно применити знања из медицинске клиничке праксе (физикална терапија, неурологија, реуматологија) и фармакологије (примена NSAIL). Такође примена ЈЛЛТ као терапијског модалитета представља област биомедицинског инжењерства. Стандардна анализа података и утврђивање корелација захтева знање из статистике и математике. За развој модела регресије, класификације применом метода машинског учења и неуронских мрежа захтева знање машинског учења. За предикцију параметра пацијената употребом Fuzzy логике захтева знање математичке анализе и употребе вештачке интелигенције. Обрада података, имплементација и оптимизација алгорита захтева знање информатике.

8. Очекивани научни допринос докторске дисертације

- Доказивање бољег терапијског одзива уз додатну употребу ЈЛЛТ у односу на примену само фармаколошке терапије код лумбалног бола
- Развој предиктивног модела базираног на неуронској мрежи за прогнозу функционалног опоравка, који се може применити у клиничкој пракси
- Увођење вештачке интелигенције у физикалну терапију и рехабилитацију као алат за оптимизацију терапијског приступа
- Основа за развој персонализованих рехабилитационих протокола.
- Допринос унапређењу међупрофесионалне сарадње између клиничара, физиотерапеута и ИТ стручњака
- Допринос у виду прављења модела за утврђивање круцијалних фактора за појаву проблема и његово најбрже решење уз поштовање експертског знања клиничког лекара, не само за одрђивање терапије већ и исхода примењене терапије

9. Библиографски подаци релевантни за докторску дисертацију

1. M.L.Ferreira, et al. Global, regional, and national burden of low back pain, 1990–2020, its attributable risk factors, and projections to 2050: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. The Lancet Rheumatology, Volume 5, Issue 6, e316 - e329
2. F. D’Antoni, F. Russo, L. Ambrosio, L. Bacco, L. Vollero, G. Vadalà, M. Merone, R. Papalia, V. Denaro, V. (2022). Artificial Intelligence and Computer Aided Diagnosis in Chronic Low Back Pain: A Systematic Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(10), 5971. <https://doi.org/10.3390/ijerph19105971>

3. S.D. Tagliaferri, M. Angelova, X. Zhao, et al. Artificial intelligence to improve back pain outcomes and lessons learnt from clinical classification approaches: three systematic reviews. *npj Digit. Med.* 2020, 3, 93 <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0303-x>
4. C. Cheema J. Baldwin, J. Rodeghero, M.W. Werneke, J.E. Mioduski, L. Jeffries, J. Kucksdorf, M. Shepherd, C. Dionne, K. Randall. Use of machine learning to identify prognostic variables for outcomes in chronic low back pain treatment: a retrospective analysis. *J Man Manip Ther.* 2025, 33(1):63-72. <https://doi.org/10.1080/10669817.2024.2424619>.
5. A.G.N. Neto, S.D.S.C. Herrera, R. Moura, G.M. Cielo, F. Pegoraro, V.F. de Lira, M.J.M. de Paiva, C.G.S. Rosa, R.C. Alves, W.B. D'Alessandro. AI-driven solutions for low back pain: A pilot study on diagnosis and treatment planning. *Electron J Gen Med.* 2024;21(5):em601. <https://doi.org/10.29333/ejgm/14934>
6. B.S. Mahdavi, R. Riahi, B. Vahdatpour, R. Kelishadi. Association between sedentary behavior and low back pain; A systematic review and meta-analysis. *Health Promot Perspect.* 2021 Dec 19;11(4):393-410 <https://doi.org/10.34172/hpp.2021>.
7. C.R. Ferreira, J.P. Hort, L.A. Bezerra, H.P. Neto, D.A. Biasotto-Gonzalez, F. Politti. Effect of Standard Physical Exercises for Non-Specific Low Back Pain Combined With Multimodal Osteopathy Treatment on Pain Intensity and Functional Capacity: A Study Protocol for a Randomized Controlled Trial, *Journal of Advances in Medicine and Medical Research* 2024,36 (11):174-82. <https://doi.org/10.9734/jammr/2024/v36i115628>
8. R.L. Hsieh, W.C. Lee. Short-term therapeutic effects of 890-nanometer light therapy for chronic low back pain: a double-blind randomized placebo-controlled study. *Lasers Med Sci.* 2014;29(2):671–9 <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1378-2>
9. L.M. Konstantinovic, Z.M. Kanjuh, A.N. Milovanovic, et al. Acute low back pain with radiculopathy: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(4):553–60. <https://doi.org/10.1089/pho.2009.2576>
10. T.M. Haanstra, S.J. Kamper, C.M. Williams, A.S. Spriensma, L.C. Chung-Wei, M.G. Christopher, H.C.W. de Vet, R.W.J.G. Ostelo, Does adherence to treatment mediate the relationship between patients' treatment outcome expectancies and the outcomes of pain intensity and recovery from acute low back pain? *PAIN* 2015 156(8):p 1530-1536 <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000001>

10. Закључак и предлог комисије:

На основу изнетих података Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације „Анализа функционалног исхода код пацијената са лумбалним болом третираних ласерском и фармаколошком терапијом уз помоћ вештачке интелигенције“ научно заснована и актуелна и да кандидаткиња Зорана Стоисављевић, доктор медицине, испуњава услове за рад на овој докторској тези. Комисија предлаже Већу за студије при Универзитету у Београду да прихвати тему и кандидаткињи Зорани Стоисављевић одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За менторе се предлажу др Оливера Ђорђевић, доцент, Медицински факултет, Универзитет у Београду (ужа научна област: Физикална медицина и рехабилитација) и др Катарина Ђорђевић, научни сарадник, Институт за нуклеарне науке “Винча”, Универзитет у Београду (ужа научна област: медицинска физика и физика чврстог стања)

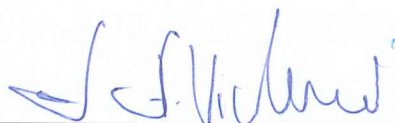
Београд, 04.07.2025. године

Потпис чланова комисије:




1) Саша Радовановић, научни саветник,

Институт за медицинска истраживања, Универзитет у Београду



2) Александра Видаковић, ванредни професор,

Медицински факултет, Универзитет у Београду



3) Слободанка Галовић, научни саветник,

Институт за нуклеарне науке “Винча”, Универзитет у Београду