

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Владимира Џепине, мастер инжењера електротехнике и рачунарства.

Одлуком Научно-наставног већа Електротехничког факултета у Београду бр. 2232/42 од 09.12.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Владимира Џепине, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Интелигентни систем за детекцију психомоторне ретардације код младих особа са депресијом помоћу кинематичке анализе рукописа”** (енгл. *Intelligent System for Detection of Psychomotor Retardation in Youth Depression through Kinematic Handwriting Analysis*).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Владимир Џепина је рођен 23.09.1992. године у Београду. Завршио је ОШ „Јован Стерија Поповић“ у Београду са одличним успехом и Вуковом дипломом. Похађао је средњу електротехничку школу „Никола Тесла“ у Београду и дипломирао на смеру Електротехничар Електронике са одличним успехом и Вуковом дипломом. Електротехнички факултет Универзитета у Београду је уписао 2011. године где је дипломирао 2015. године на смеру Сигнали и системи са просечном оценом 8,66. Мастер студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду је завршио на модулу за Сигнале и системе 2016. године са просечном оценом 9,67. Докторске студије започео је 2017. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Управљање системима и обрада сигнала где је положио све предмете предвиђене студијским програмом са просечном оценом 10.

Главне области истраживања током докторских студија обухватају обраду биомедицинских сигнала, као и статистичку анализу и примену метода машинског учења на кинематичким подацима.

Аутор је четири научне публикације, од којих је једна објављена у међународном часопису са импакт фактором, а три су представљене на међународним конференцијама.

Од 2017. године запослен је као инжењер развоја у UNO-LUX NS д.о.о, Београд.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду кандидат Владимир Џепина је уписао школске 2017/2018. године на модулу Управљање

системима и обрада сигнала. Током докторских студија је положио наставним планом и програмом предвиђене испите и испунио све обавезе, и то:

р.бр.	Назив испита	Оцена	ЕСПБ
1	Неуралне мреже (13Д051НМ)	10	9
2	Методе и инструментација за електрофизиологију (13Д051МИЕ)	10	9
3	Неуралне протезе (13Д051НП)	10	9
4	Специјални роботски системи (13Д051СРС)	10	9
5	Савремене технологије у здравству (13Д051СТЗ)	10	9
6	Моторна контрола и рехабилитација (13Д051МКР)	10	9
7	Увод у научни рад (13Д091УНР)	10	9
8	Савремене методе за пројектовање регулатора у системима управљања (13Д051СМП)	10	9
9	Биомедицински сензори и претварачи (13Д061БСП)	10	9
10	Класификација и естимација сигнала (13Д051КЕС)	10	9
	Назив обавезе		
1	Научно стручни рад		3
2	Студијски истраживачки рад I		15
3	Студијски истраживачки рад II		15

Током докторских студија, научноистраживачке активности Владимира Џепине су биле усмерене најпре на аквизицију и обраду сигнала са одевних сензора ради детекције фаза хода, а потом на обраду кинематичких образаца рукописа уз примену метода машинског учења.

Кандидат је до сада објавио 1 рад у часопису са SCI листе (категорија M21) и 3 рада на међународним конференцијама (категорије M33).

Списак публикација кандидата Владимира Џепине:

Категорија M20 – Рад објављен у научном часопису од међународног значаја

1. **V. Džepina**, N. Ivančević, S. Rosić, B. Nikolić, D. Stevanović, J. Jančić, M.M. Janković, “Detection of Psychomotor Retardation in Youth Depression: A Machine Learning Approach to Kinematic Analysis of Handwriting“, Applied Sciences 2025, 15(14):7634. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15147634>, ISSN 2076-3417, IF2024=2.5 (**M21**)

Категорија M30 – Радови објављени у зборницима конференција од међународног значаја

1. **V. Džepina**, A. Gogić, D.B. Popović, “Rules for Estimation of Gait Phases from Data Acquired by the Gait Teacher Insoles“, Proceedings of IcETRAN 2019. pp. 231-234, 3-6 June 2019, Srebrno jezero, Serbia, ISBN 978-86-7466-785-9 (**M33**)
2. **V. Džepina**, N. Ivančević, V. Miler-Jerković, B. Nikolić, D. Stevanović, M. Janković, “GT Analyzer—A Basic Tool for Handwriting Movement Data“, Proceedings of IcETRAN 2022“, pp. 1–5, 6–9 June 2022, Novi Pazar, Serbia, ISBN 978-86-7466-930-3 (**M33**)
3. **V. Džepina**, N. Ivančević, S. Rosić, B. Nikolić, D. Stevanović, J. Jančić, M.M. Janković, “Comparison of feature selection approaches in youth depression determination based on

handwriting kinematics“, E-Business Technologies Conference Proceedings, 4(1), retrieved from <https://ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/251>, pp. 1-6, 25–27 September 2025, Belgrade, Serbia (M33)

Усмена одбрана теме докторске дисертације Владимира Џепине је одржана 25.12.2025. у просторијама Електротехничког факултета пред Комисијом у саставу др Жељко Ђуровић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет, др Јасна Јанчић, редовни професор, Универзитет у Београду – Медицински факултет, др Ненад Јовичић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

Комисија је закључила да кандидат Владимир Џепина испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације и оценила испит оценом задовољно.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат је успешно завршио све обавезе предвиђене наставним програмом докторских студија: положио је све испите са одличним оценама, завршио је научно стручни рад, извештаји о студијским истраживачким радовима су усвојени, а на усменој одбрани теме докторске дисертације је дао детаљна образложења кључних аспеката истраживања као и одговоре на сва постављена питања. Досадашње научноистраживачке активности кандидата су верификоване публикацијом у међународном часопису са SCI листе, и публикацијама у зборницима међународних конференција.

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства, може се констатовати да кандидат Владимир Џепина поседује истраживачко искуство које га квалификује за израду предложене теме докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је анализа кинематичких образаца рукописа код младих особа (у дечјем и адолесцентном добу) са и без депресије. Депресивни поремећај представља једно од најчешћих психијатријских стања на глобалном нивоу, са посебно забрињавајућим последицама код деце и адолесцената. Према подацима Светске здравствене организације, депресија погађа приближно 280 милиона људи широм света [1]. Према доступним подацима, проценат депресивног поремећаја међу децом и адолесцентима у Европи износи 1,7% (95% CI: 1,0–2,9%) [2], док је глобална преваленца нешто већа и износи 2,6% (95% CI: 1,7–3,9%) [3]. Преваленца је 4,2 пута већа међу ученицима средњих школа [2], при чему је медијана узраста за појаву првих симптома 15,5 година [4]. Депресивни поремећај представља један од водећих узрока инвалидитета услед менталних поремећаја код младих.

Поред афективних и когнитивних симптома, психомоторна ретардација је препозната као један од кључних показатеља депресије [5–7]. Психомоторна ретардација се испољава као успореност покрета, говора и мисаоних процеса. Традиционална процена психомоторних симптома заснива се на клиничком посматрању и субјективним скалама [7–10], тј. овакав начин процене зависи од искуства медицинског експерта и способности пацијената да се адекватно изразе. Наведена ограничења указују на потребу за објективним методама које могу да употпуне постојеће дијагностичке процедуре, нарочито у популацији младих где је рана детекција од кључног значаја [7, 9, 11].

Графомоторне активности, као што су писање и цртање, служе као приступачни и осетљиви индикатори психомоторног функционисања, а кинематичка анализа рукописа омогућава квантификацију моторичких поремећаја повезаних са депресијом [11–16]. Савремени модели машинског учења додатно отварају могућности за анализу и класификацију сложених, вишедимензионалних кинематичких података добијених током графомоторних активности. Поређењем перформанси особа са депресивним поремећајем и здравих испитаника могуће је идентификовати специфична, интерпретабилна обележја

рукописа (нарочито параметре повезане са брзином покрета) која могу послужити као поуздани дигитални биомаркери психомоторне ретардације [12, 13, 17, 18].

Постојећа истраживања која се заснивају на анализи рукописа и посматрању психомоторних индикатора депресије указују на спорије покрете и смањен притисак приликом писања код одраслих [12] и код младих [13]. Међутим, већина истраживања се ослања искључиво на статистичке анализе за идентификацију значајних карактеристика рукописа [11, 13–16]. Мањи број студија је примењивао методе машинског учења како би разликовао депресивни поремећај од других емоционалних стања (анксиозности и стреса), при чему тачности класификације варирају од 72.8% за примену методе случајних шума на основу дуктус обележја [19] до 89.2% применом бидирекционе LSTM (BiLSTM) мреже. Међутим, постоји дефицит у радовима фокусираним на рано откривање депресије, тј. на примену метода машинског учења на откривање психомоторне ретардације код младих особа.

Циљ овог истраживања је дизајнирање, имплементација и валидација алата заснованог на машинском учењу који омогућава разликовање испитаника са депресивним поремећајем од здравих испитаника на основу кинематичких образаца рукописа у раним фазама депресије. Истраживање ће обухватити издвајање и анализирање опсежног скупа кинематичких обележја рукописа и идентификовање обележја која су најрелевантнија за препознавање депресивних образаца. Развој објективних, доступних и поузданих алата за детекцију психомоторне ретардације има значајну улогу у раној идентификацији депресивних поремећаја код младих и представља важан допринос дигиталној фенотипизацији у дечјој и адолесцентној психијатрији.

- [1] WHO, “Depressive disorder (depression).” Accessed: December 2025. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/depression>
- [2] R. Sacco, N. Camilleri, J. Eberhardt, K. Umla-Runge, and D. Newbury-Birch, “A systematic review and meta-analysis on the prevalence of mental disorders among children and adolescents in Europe,” *Eur Child Adolesc Psychiatry*, vol. 33, no. 9, pp. 2877–2894, Sep. 2024, doi: 10.1007/s00787-022-02131-2.
- [3] G. V. Polanczyk, G. A. Salum, L. S. Sugaya, A. Caye, and L. A. Rohde, “Annual research review: A meta-analysis of the worldwide prevalence of mental disorders in children and adolescents,” *J Child Psychol Psychiatry*, vol. 56, no. 3, pp. 345–365, Mar. 2015, doi: 10.1111/jcpp.12381.
- [4] M. Solmi et al., “Age at onset of mental disorders worldwide: large-scale meta-analysis of 192 epidemiological studies,” *Mol Psychiatry*, vol. 27, no. 1, pp. 281–295, Jan. 2022, doi: 10.1038/s41380-021-01161-7.
- [5] American Psychiatric Association and American Psychiatric Association, Eds., “Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5,” in *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*, 5th ed., Washington, D.C: American Psychiatric Association, 2013, pp. 591–643.
- [6] WHO, “ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics.” Accessed: Nov. 11, 2025. [Online]. Available: <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en#821852937>
- [7] D. Bennabi, P. Vandel, C. Papaxanthi, T. Pozzo, and E. Haffen, “Psychomotor retardation in depression: a systematic review of diagnostic, pathophysiologic, and therapeutic implications,” *Biomed Res Int*, vol. 2013, p. 158746, 2013, doi: 10.1155/2013/158746.
- [8] A. Esposito, G. Raimo, M. Maldonato, C. Vogel, M. Conson, and G. Cordasco, “Behavioral Sentiment Analysis of Depressive States,” in *2020 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, Mariehamn, Finland: IEEE, Sep. 2020, pp. 209–214. doi: 10.1109/CogInfoCom50765.2020.9237856.
- [9] G. Raimo et al., “Handwriting and Drawing for Depression Detection: A Preliminary Study,” in *Applied Intelligence and Informatics*, Cham: Springer Nature Switzerland, 2022, pp. 320–332. doi: 10.1007/978-3-031-24801-6_23.

- [10] L. Zhang, Y. Fan, J. Jiang, Y. Li, and W. Zhang, "Adolescent Depression Detection Model Based on Multimodal Data of Interview Audio and Text," *Int J Neural Syst*, vol. 32, no. 11, p. 2250045, Nov. 2022, doi: 10.1142/S0129065722500459.
- [11] R. Mergl et al., "Kinematical analysis of handwriting movements in depressed patients," *Acta Psychiatr Scand*, vol. 109, no. 5, pp. 383–391, May 2004, doi: 10.1046/j.1600-0447.2003.00262.x.
- [12] J. S. Buyukdura, S. M. McClintock, and P. E. Croarkin, "Psychomotor retardation in depression: Biological underpinnings, measurement, and treatment," *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, vol. 35, no. 2, pp. 395–409, Mar. 2011, doi: 10.1016/j.pnpbp.2010.10.019.
- [13] N. Ivančević, "Kinematic analysis of handwriting in neurological, psychiatric and neurodevelopmental disorders of childhood and adolescence," PhD dissertation, Biomedical engineering and technologies, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, 2021.
- [14] G. Cordasco, F. Scibelli, M. Faundez-Zanuy, L. Likforman-Sulem, and A. Esposito, "Handwriting and Drawing Features for Detecting Negative Moods," in *Quantifying and Processing Biomedical and Behavioral Signals*, A. Esposito, M. Faundez-Zanuy, F. C. Morabito, and E. Pasero, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 73–86. doi: 10.1007/978-3-319-95095-2_7.
- [15] S. Rosenblum, P. Werner, T. Dekel, I. Gurevitz, and J. Heinik, "Handwriting process variables among elderly people with mild Major Depressive Disorder: a preliminary study," *Aging Clin Exp Res*, vol. 22, no. 2, pp. 141–147, Apr. 2010, doi: 10.1007/BF03324787.
- [16] A. Schröter, R. Mergl, K. Bürger, H. Hampel, H.-J. Möller, and U. Hegerl, "Kinematic analysis of handwriting movements in patients with Alzheimer's disease, mild cognitive impairment, depression and healthy subjects," *Dement Geriatr Cogn Disord*, vol. 15, no. 3, pp. 132–142, 2003, doi: 10.1159/000068484.
- [17] F. L. Wells, "Motor retardation as a manic-depressive symptom," *AJP*, vol. 66, no. 1, pp. 1–52, Jul. 1909, doi: 10.1176/ajp.66.1.1.
- [18] C. Sobin and H. Sackeim, "Psychomotor symptoms of depression," *The American journal of psychiatry*, vol. 154, pp. 4–17, Feb. 1997, doi: 10.1176/ajp.154.1.4.
- [19] A. U. Rahman and Z. Halim, "Identifying dominant emotional state using handwriting and drawing samples by fusing features," *Appl Intell*, vol. 53, no. 3, pp. 2798–2814, Feb. 2023, doi: 10.1007/s10489-022-03552-x.

3. Полазне хипотезе

Предложено истраживање полази од следећих хипотеза:

1. На основу кинематичке анализе рукописа, могуће је идентификовати интерпретабилна обележја која показују статистички значајне разлике између група младих особа са и без депресивног поремећаја и могуће је одабрати скуп оптималних обележја која највише доприносе тачности дискриминативних модела машинског учења
2. Могуће је развити нови експертски систем који омогућава рану аутоматску идентификацију депресивних образаца, тј. образаца психомоторне ретардације, на основу једноставног репетитивног задатка писања.

4. Научне методе истраживања

У предложеној докторској дисертацији биће анализирани прикупљени кинематички сигнали (сигнали просторних координата и сигнал притиска оловке) приликом задатка писања на дигиталној графичкој табли код групе младих са дијагностификованим депресивним поремећајем и групе здравих младих особа. Сигнали који ће бити анализирани су доступни у прикупљеној анонимизираој бази података особа у децем и адолесцентном

добу која је описана у докторској дисертацији [13]. Фокус анализе у предложеној докторској дисертацији ће бити на задатку репетитивног писања латиничног слова „l“.

Након дефинисања листе кинематичких обележја релевантних за анализу, биће дизајниран софтвер за визуелизацију кинематичких сигнала, аутоматску сегментацију рукописа и екстракцију обележја у *LabVIEW* окружењу (*National Instruments*, САД) уз могућност извоза екстрахованих обележја. Даља анализа екстрахованих обележја ће бити спроведена у *Python* окружењу.

За селекцију обележја ће најпре бити примењене статистичке методе (*Bartlett*-ов тест и *Mann-Whitney U* тест са *Bonferroni* корекцијом). Потом ће бити примењене различите методе селекције оптималног скупа обележја: рекурзивна елиминација обележја (енг. *Recursive Feature Elimination*), секвенцијална селекција унапред (енг. *Sequential Forward Selection*), Шеплијева адитивна објашњења (енг. *SHapley Additive exPlanations*), метода минималне редуваности и максималне релевантности (енг. *Minimum Redundancy Maximum Relevance*) и процена значаја обележја (енг. *Feature Importance*). На редукованим скуповима обележја биће примењени различити дискриминациони модели, а тестирање перформанси модела ће бити спроведено по принципу валидације методом изостављања једног испитаника (енг. *subject wise Leave-One-Out*).

5. Очекивани научни допринос

У оквиру ове докторске дисертације се очекују следећи научни доприноси:

1. Развој алата за визуелизацију кинематичких сигнала, аутоматску сегментацију рукописа и екстракцију кинематичких обележја.
2. Идентификација интерпретабилних обележја рукописа која показују статистички значајне разлике између група младих особа са и без депресивног поремећаја.
3. Компаративна анализа ефеката метода за селекцију оптималног скупа кинематичких обележја с циљем дискриминације депресивних образаца рукописа
4. Развој интелигентног система за рано препознавање депресивног поремећаја код младих на основу кинематичке анализе једноставног репетитивног задатка писања на дигиталном таблету.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање у оквиру докторске дисертације ће бити реализовано кроз неколико фаза.

1. Преглед литературе – Почетак рада на предложеној докторској дисертацији подразумева преглед научно-стручне литературе о депресивном поремећају, графомоторним поремећајима, анализи рукописа на дигиталним таблетима и примени метода машинског учења за класификацију на основу рукописа.
2. Експлоративна анализа доступне базе података и развој алата за њено прегледање, визуелизацију, аутоматску сегментацију и екстракцију кинематичких обележја
3. Имплементација алгоритама за статистичку анализу кинематичких обележја и селекцију обележја – У циљу редукције броја обележја биће имплементирано неколико различитих приступа селекције обележја. Биће тестирана успешност сваког од примењених приступа у контексту успешности дискриминативног модела машинског учења.
4. Имплементација алгоритама за класификацију – У циљу детекције депресивних образаца биће имплементирано неколико различитих метода машинског учења. Биће тестиране перформансе у погледу успешности бинарне класификације испитаника.
5. Дисеминација и верификација добијених резултата кроз научне публикације у међународном часопису и међународним конференцијама.
6. Дефинисање будућих праваца истраживања.

7. Закључак и предлог

На основу достављене документације и увида у досадашњи рад кандидата Владимира Џепине, Комисија оцењује да кандидат поседује потребна знања и вештине који су неопходни за самостални научноистраживачки рад као и за реализацију предложене теме **„Интелигентни систем за детекцију психомоторне ретардације код младих особа са депресијом помоћу кинематичке анализе рукописа“**, тј. да испуњава све формалне и суштинске услове да приступи изради докторске дисертације.

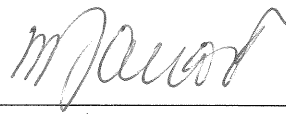
Имајући у виду оригиналност и актуелност предложене теме, Комисија је сагласна да предложено истраживање задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. Комисија констатује да је предложена тема докторске дисертације у оквиру уже научне области Биомедицинска техника за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан, те за ментора израде докторске дисертације предлаже др Милицу Јанковић, редовног професора Универзитета у Београду-Електротехничког факултета. Уз извештај се прилаже и списак радова др Милице Јанковић, редовног професора, који је квалификују за ментора.

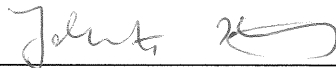
На основу претходно изложеног, Комисија сматра да су кандидат и предложена тема подобни, и предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Владимиру Џепини, мастер инжењеру електротехнике и рачунарства одобри израду докторске дисертације под насловом **„Интелигентни систем за детекцију психомоторне ретардације код младих особа са депресијом помоћу кинематичке анализе рукописа“**.

У Београду, 29.12.2025.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Жељко Ђуровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Јасна Јанчић, редовни професор
Универзитет у Београду – Медицински факултет


др Ненад Јовичић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет