

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Драгољуба Гајић за израду докторске дисертације "Детекција епилептиформних активности у ЕЕГ сигналама применом статистичког препознавања облика."

Одлуком бр. 5035/07-1 од 14.05.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Драгољуба Гајић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме "Детекција епилептиформних активности у ЕЕГ сигналама применом статистичког препознавања облика." На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Драгољуб Гајић је рођен 03.11.1982. године у Ваљеву, Србија. Након завршене гимназије у Ваљеву 2001. године је уписан на основне академске студије Електротехничког факултета Универзитета у Београду где је у 2007. године и дипломирао на Одсеку за сигнале и системе, на тему „Предикција епилептичних напада применом технике таласића“ а под руководством проф. др. Жељка Ђуровић. Након тога 2008. године уписује докторске академске студије на истом Факултету на Модулу за управљање системима и обраду сигнала. Том приликом му је за ментора одређен проф. др. Жељко Ђуровић.

Кандидат је исте 2008. године уписао и дипломске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду где је 2011. године дипломирао на тему „Моделирање и оптимизација у рафинеријама нафте“ под руководством проф. др. Драгутина Дебељковић.

Кандидат је, такође, након успешно завршеног једногодишњег професионалног специјалистичког програма, организованог у сарадњи са мађарском националном нафтном и гасном компанијом МОЛ, 2010. године дипломирао и на Факултету за информационе технологије, Панонија Универзитета, Веспрем, Мађарска, у области оптимизације ланца вредности у нафтној индустрији.

У периоду од марта 2007. до новембра 2008. године био је запослен у WIG д.о.о., Београд, где је био ангажован на пројектима везаним за управљање процесима у нафтној и гасној индустрији. У периоду од децембра 2008. до августа 2009. године био је запослен у Холцим Србија д.о.о., Фабрика цемента, Поповац и био задужен за одржавање система за управљање и мониторинг читавог производног процеса. Период

од септембра 2009. до јуна 2010. године кандидат је провео у МОЛ-овој рафинерији нафте „Дунав“ у близини Будимпеште а похађајући горе поменути професионални специјалистички програм. Након тога је кандидату одобрена једногодишња ЕРАСМУС МУНДУС стипендија за мобилност студента западног Балкана те је период од августа 2010. до јуна 2011. године провео на Одеску за аутоматику Универзитета у Лунду у Шведској. У том периоду је као гостујући докторант боравио и при Групи за аутоматику и управљање Одсека за електротехнику Техничког универзитета Данске у Копенхагену и углавном радећи на развојном пројекту везаном за рану детекцију испада у млиновима цемента а у сарадњи са компанијом *FLSmidth*, светским лидером у производњи опреме за цементну и рударску индустрију. У периоду од октобра 2011. до јула 2012. кандидат бива поново ангажован у МОЛ-овој рафинерији нафте „Дунав“ на пословима планирања производње и оптимизације читавог ланца вредности почев од набавке сирове нафте, преко процесирања исте па све до продаје нафтних деривата како на мађарском тако и на другим тржиштима. Такође, кандидат у току овог периода бива ангажован и као повремени предавач у области моделовања и оптимизације у процесној индустрији на професионалном специјалистичком програму на коме је дипломирао две године раније. Од јула 2012. кандидат је гостујући докторант на Одеску за информатички инжењеринг, рачунарство и математику где се углавном бави истраживањем везаним за своју докторску дисертацију. Од јануара 2013. кандидат је сарадник за енергетску ефикасност и оптимизацију производње у Фабрици нерђајућег челика Терни у Италији.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Дипломски рад кандидата Драгољуба Гајића је одбрањен 04.09.2007. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, под називом "Предикција епилептичних напада применом технике таласића" под руководством проф. Жељка Ђуровић. Област рада, чији су резултати приказани у овом дипломском раду припадају области биомедицинског инжењеринга, обради сигнала и препознавању облика, тако да се рад може у великој мери сматрати мулти-дисциплинарним. Такође посебна пажња у раду посвећена је примени фази логике за препознавање облика. Техника за предикцију епилептичних напада заснована на таласићима и фази логици описана у дипломском раду тестирана је на ЕЕГ сигнаlima снимљеним у Центру за епилепсију у Фрајбургу у Немачкој. Добијени резултати су показали да постоји потенцијал да кандидат настави даље свој рад и истраживање у овој мултидисциплинарној области.

Кандидат је током својих докторских студија положио све испите као и одрадио све обавезе предвиђене програмом докторских академских студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Обзиром да се у одређеној мери истраживање везано са докторску тезу може сматрати наставком истраживања које је спроведено током рада на дипломском, жижа интересовања теме предложене за докторску дисертацију кандидата такође има мулти-дисциплинаран карактер и налази се у додирним тачкама биомедицинског инжењеринга, теорије обраде сигнала и препознавања облика. Током истраживања у процесу израде докторске тезе кандидат је припремио рад који је прихваћен за штампу у међународном часопису *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications* (према Кобсону у категорији M23) и који ће бити објављен почетком 2014. Детаљи везани за поменути рад су следећи:

1. Gajic D, Djurovic Z, Di Gennaro S, Gustafsson F, *Classification of EEG Signals for Detection of Epileptic Seizures Based on Wavelets and Statistical Pattern*

Такође кандидат је од јануара 2013. *Marie Curie Early Stage Researcher Fellow* у оквиру *Energy-SmartOps ITN* пројекта (<http://www3.imperial.ac.uk/smartops>) и тиме веома активан у још једној мултидисциплинарној области истраживања везаној за енергетску ефикасност и оптимизацију производње у енергетски веома интензивним индустријама, као на пример нафтној, хемијској, петрохемијској, цементној и индустрији челика. У оквиру овог истраживања кандидат веома блиско сарађује и често гостује у *ABB Corporate Research Center - Germany*, *Center for Advanced Process Decision Making*, *Department of Chemical Engineering*, *Carnegie Mellon University - USA* и *Imperial College London - UK* као координатор поменутог пројекта.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током писања овог Извештаја, Комисија је узела у обзир све претходно наведене чињенице и резултате досадашњег рада кандидата Драгољуба Гајић. Такође су са посебном пажњом размотрена искуства која је кандидат стекао, како кроз образовни, тако и истраживачки и радни процес. Узимајући у обзир све наведене компоненте које чине истраживачки профил кандидата за докторску дисертацију, Комисија је стекла увид у способности кандидата за научно-истраживачки рад, као и његове могућности, да током израде предложене докторске дисертације, оствари резултате који могу бити приказани и валоризовани од стране међународне научне заједнице. Став Комисије је позитиван и након детаљног образложења саме теме предложиће да она буде усвојена, а кандидату дата могућност да настави са израдом докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Епилепсија је најучесталији поремећај функције мозга од кога према процени Светске здравствене организације пати око 1-1.5% светске популације, односно око 60 милиона људи на планети [1]*. Испољава се понављајућим нападима који представљају изненадно и прекомерно пражњење великог броја неурона у мозгу. Многи људи доживе бар један напад у свом животу, али то не чини епилепсију јер о епилепсији говоримо само у случају понављајућих напада. Сами напади који се у већини случајева дешавају пар пута годишње и трају по неколико минута врло често нису највећи проблем особа које пате од овог поремећаја. Наиме, далеко већи проблем представља страх од сваког следећег напада и евентуалних последица истог који је готово увек присутан не само код особа које пате од поменутог поремећаја већ и код њихових најближих. Управо ова чињеница представља главну мотивацију дугогодишњих истраживања у области предикције и детекције епилептичних напада. За разлику од предикције чији је крајњи циљ предвиђање и потпуно спречавање појаве епилептичних напада, детекција има мало скромнији циљ а то је одређивање почетка епилептичног напада и након тога стављање под контролу истог, односно ублажавање ефеката и евентуалних последица детектованог епилептичног напада.

* 1. Litt B, Echauz J, *Prediction of epileptic seizures*, The Lancet Neurology, 1:22, 2002.

Електроенцефалографија је посебна неурофизиолошка метода која региструје мождану електричну активност било преко површинских електрода смештених на поглавини што је и најчешћи случај познат као стандардна или скалп електроенцефалографија или преко електрода смештених на и/или унутар самог можданог ткива што се углавном ради у преоперативној припреми пацијената са епилепсијом и познато је као интракранијална електроенцефалографија или електрокортикографија. Такође, постоји и могућност праћења електричне активности мозга ван лабораторије у току 24 часа и подразумева употребу површинских електрода и минијатурне касете коју пацијент носи са собом без ограничења у свакодневним активностима. У сваком случају, резултујући дијаграм је познат као електроенцефалограм (ЕЕГ) и садржи мождане таласе који се према клиничком значају и фреквенцији могу поделити на делта (испод 4 Hz), тета (4 до 8 Hz), алфа (8 до 15 Hz), бета (15 до 30 Hz) и гама таласе (изнад 30 Hz).

ЕЕГ представља огромну подршку и помоћ експертима при дијагнози епилепсије. Детаљном визуелном анализом снимљених ЕЕГ сигнала могуће је уочити одређене епилептиформне активности у које спадају шиљци, оштри таласи, вишеструки шиљци, шиљак-талас комплекси, вишеструки шиљак-спор талас комплекси, оштар талас-спор талас комплекси и реверзија фаза (тј. два шиљка усмерена један на други). Поуздана аутоматска техника за детекцију епилептиформних активности у ЕЕГ сигналама била би од вишеструког значаја. Као прво, омогућила би доста бржу и објективнију анализу већ снимљених ЕЕГ сигнала што зна да буде веома напоран посао и захтева ангажовање експерта. Тиме би такође и евентуалне грешке у анализи биле значајно умањене. Као друго након успешне детекције односно предикције епилептичног напада у реалном времену могуће би било ублажити ефекте и последице истог или га у најбољем случају потпуно избећи или аутоматском електро стимулацијом мозга или лучењем одговарајућег лека [2][†].

3. Полазне хипотезе

Истраживање је засновано углавном на следеће три хипотезе:

1. Информације садржане у ЕЕГ сигналама су довољне за исправну детекцију епилептиформних активности.
2. Засебном анализом пет фреквенцијских опсега ЕЕГ сигнала од клиничког значаја (тј. делта, тета, алфа, бета и гама опсега) могуће је умногоме побољшати тачност детекције епилептиформних активности.
3. Избором најпре одговарајућих обележја ЕЕГ сигнала а потом оптималне комбинације истих и пројектовањем одговарајућег класификатора могуће је добити

[†] 2. Elger CE, *Future trends in epileptology*, Current Opinion in Neurology, 14:185, 2001.

3. Adeli H, Ghosh-Dastidar S, Dadmehr N, *A wavelet-chaos methodology for analysis of EEGs and EEG sub-bands to detect seizure and epilepsy*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering 54(2):205, 2004.

4. Tzallas AT, Tsipouras MG, Fotiadis DI, *Automatic seizure detection based on time-frequency analysis and artificial neural networks*, Computational Intelligence and Neuroscience, 80510, 2007.

5. Ghosh-Dastidar S, Adeli H, Dadmehr N, *Principal component analysis enhanced cosine radial basis function neural network for robust epilepsy and seizure detection*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 55(2):512, 2008.

6. Srinivasan V, Eswaranand C, Sriraam N, *Approximate entropy-based epileptic EEG detection using artificial neural networks*, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 11:288, 2007.

7. Orhan U, Hekim M, Ozer M, *EEG signals classification using the K-means clustering and a multilayer perceptron neural network model*, Expert Systems With Applications, 38:13475, 2011.

бржу, поузданију и рачунски мање захтевну технику за детекцију епилептиформних активности.

4. Научне методе истраживања

У плану је да се у овој дисертацији формира нова хибридна техника која ће превазићи одређене мањкавости до сада развијених техника заснованим било на обележјима из временског или фреквенцијског домена или пак само нелинераним обележјима [3, 4, 5, 6, 7]. Стога ће се први део истраживања односити на преглед већ постојећих техника за обраду и класификацију ЕЕГ сигнала. Нова техника за детекцију епилептиформних активности биће пројектована у три сукцесивна корака и то:

1. Издвајањем одговарајућих обележја ЕЕГ сигнала анализом и у временском и у фреквенцијском домену. Такође, посебна пажња биће посвећена и издвајању пар нелинераних обележја.
2. Након тога ће, а у циљу што тачније касније класификације, бити извршена оптимална редукција димензије вектора обележја применом одговарајућих статистичких техника.
3. Финалну фазу у детекцији епилептичних напада представљаће класификација претходно издвојених и обрађених обележја.

Планира се примена различитих метода за издвајање обележја, редукцију димензије вектора истих, пројектовање класификатора као и њихово поређење [8, 9][‡]. Нова техника биће пројектована у програмском пакету MATLAB и тестирана на ЕЕГ сигнаlima снимљеним у Центру за епилепсију Универзитета у Бону [10].

5. Очекивани научни допринос

Нова техника за детекцију епилептиформних активности биће заснована искључиво на анализи ЕЕГ сигнала и примени статистичког препознавања облика. Никакве додатне информације било о пацијенту или самој болести неће бити коришћене. Овакав приступ има за циљ да нову технику учини, ако не потпуно независном, онда бар што је могуће мање зависном од било каквих екстерних и субјективних процена. При пројектовању нове технике посебна пажња биће посвећена комплексности исте, односно пројектовању технике која поред своје високе тачности треба да буде и рачунски мање захтевна како би евентуална будућа примена и имплементације исте у реалном времену била уопште могућа.

Очекивани научни доприноси ове докторске дисертације могу бити укратко описани и систематизовани на следећи начин:

[‡] 8. Fukunaga K, *Introduction to Statistical Pattern Recognition*, Academic Press, London, 1990.

9. Theodoridis S, Koutroumbas K, *Pattern Recognition*, Academic Press, San Diego, 2003.

10. Andrzejak RG, Lehnertz K, Mormann F, Rieke C, David P, Elger CE, *Indications of nonlinear deterministic and finite-dimensional structures in time series of brain electrical activity: Dependence on recording region and brain state*, Physical Review E 64(061907):1, 2001.

1. Прегледом одговарајуће литературе извршиће се анализа већ постојећих техника за детекцију епилептиформних активности у ЕЕГ сигналама, односно предикцију и детекцију епилептичних напада.
2. Биће предложена нова техника за детекцију епилептиформних активности заснована на статистичком препознавању облика. Обележја коришћена за класификацију представљаће својеврсан компромис између обележја присутних у постојећим техникама у литератури.
3. Као додатни допринос ове тезе очекује се анализа примењивости новог, предложеног приступа за детекцију епилептиформних активности, као и преглед предности и недостатака истог.
4. Научни допринос ове тезе биће и анализа ограничења која технике за детекцију епилептиформних активности показују приликом примене на ЕЕГ сигнале у реалним условима. При томе ће се обухватити постојеће технике као и новопредложено решење у овој тези.
5. Експериментална анализа предложеног решења као и компаративна анализа развијене технике у односу на друге технике.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру ове дисертације се састоји из следећих кључних корака:

- преглед литературе која се бави анализом ЕЕГ сигнала, предикцијом и детекцијом епилептичних напада, издвајање прегледних радова, систематизацијом постојећих решења, издвајањем предности и недостатака једних метода у односу на друге;
- истраживање различитих приступа и подробно упознавање са техникама за издвајање обележја и статистичко препознавање облика као и критеријума по којима се исте могу поредити;
- развој нове технике за детекцију епилептиформних активности и примена исте на ЕЕГ сигнале снимљене у Центру за епилепсију Универзитета у Бону, анализа резултата добијених применом различитих приступа у издвајању обележја, редукцији димензије вектора обележја и пројектовању класификатора.
- анализа добијених резултата, успостављање квалитативних и квантитативних критеријума за поређење различитих приступа у детекцији епилептиформних активности у ЕЕГ сигналама, издвајање ограничења у примени испројектованог приступа.

Структура саме тезе ће у великој мери пратити предложене фазе истраживања. Осим уводног поглавља посвећеног предмету и значају самог истраживања предвиђена су и два поглавља прегледног типа од којих ће прво бити посвећено прегледу најважнијих техника у области обраде ЕЕГ сигнала и издвајања обележја, док ће друго прегледно поглавље бити посвећено техникама за класификацију. Четврто поглавље ће садржати структуру и опис нове технике за детекцију епилептичних напада. У петом поглављу ће бити описани експериментални резултати добијени применом нове технике на ЕЕГ сигнале снимљене између и за време трајања епилептичних напада код неколико пацијената у Центру за епилепсију Универзитета у Бону. Компаративна анализа нове са већ развијеним техникама ће такође бити део петог поглавља. Последња два поглавља ће бити резервисана за закључак и литературу, респективно.

7. Закључак и предлог

Током писања овог Извештаја Комисија је узела у обзир све релевантне чињенице које формирају слику о подобности теме и кандидата за реализацију предвиђених истраживања. Имајући у виду резултате досадашњег рада кандидата Драгољуба Гајић показане током израде његовог дипломског рада као и у фази истраживања у оквиру докторске дисертације, његовог ангажовања као предавача на горе поменутом професионалном специјалистичком програму и његовог истраживачког искуства у оквиру рада на неколико међународних истраживачких пројеката, Комисија је стекла неспорни утисак да кандидат јесте способан за научно-истраживачки рад као и за реализацију предвиђених истраживања. Са друге стране, анализирајући предложену тему под називом "Детекција епилептиформних активности у ЕЕГ сигнаlima применом статистичког препознавања облика", стављајући је у контекст савремених, актуелних научних истраживања, сагледавајући наведене непосредне циљеве, очекиване резултате и доприносе, Комисија је у потпуности сагласна да оваква тема задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. При томе Комисија констатује да ова тема припада ужој научној области Управљање системима и обрада сигнала, да Електротехнички факултет Универзитета у Београду јесте матичан за ову научну област, и при томе за ментора рада предлаже проф. др Жељка Ђуровић запосленог на Електротехничком факултету у Београду. У контексту овог предлога, уз Извештај је приложен списак радова проф. Жељка Ђуровића који га квалификују за ментора.

Коначно, у закључку овог Извештаја, а имајући у виду све напред наведено, Комисија има част да Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду предложи да прихвати тему докторске дисертације "Детекција епилептиформних активности у ЕЕГ сигнаlima применом статистичког препознавања облика" и да кандидату Драгољубу Гајић омогући да приступи њеној изради.

У Београду
Дана 11.09.2013.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Жељко Ђуровић, ред. проф.
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др. Мирјана Поповић, ред. проф.
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

др Ружица Максимовић, ванр. проф.
Медицински факултет Универзитета у Београду

др Бранко Ковачевић, ред. проф.
Електротехнички факултет Универзитета у Београду