

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА Факултет техничких наука

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>30.06.2016, Декан Факултета Техничких Наука у Новом Саду.</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>Председник: др Жељен Трповски, ванредни професор, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 11.06.2014, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду;</p> <p>Члан: др Нина Јапунџић-Жигон, редовни професор, УНО Фармакологија, 22.02.2007. Медицински факултет Универзитета у Београду;</p> <p>Члан: др Војин Шенк, редовни професор, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 18.07.2003, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду;</p> <p>Члан: др Живко Бојовић, доцент, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 10.07.2015, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду;</p> <p>Ментор: др Драгана Бајић, редовни професор, УНО Телекомуникације и обрада сигнала, 15. 06. 2006, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду;</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Омер Али Мохамоуд</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>27.11.1968, Beni Walid, Libya</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>College of Electronic Technology, Beni Walid, Libya, 1991, Дипломирани инжењер електронике</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p>- Не постоји, кандидат је магистар</p> <p>5. Назив факултета, <u>назив магистарске тезе</u>, научна област и датум одбране:</p> <p>Faculty of Sciences, University of Debrecen, Debrecen, Hungary: "Fractal Image Compression (Фрактална компресија слике)", Информатика, 29.06.2004.</p>

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

Магистар информатике

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Процене регуларности и синхронизма паралелних биомедицинских временских низова

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Кардиоваскуларни систем састоји се од низа комплексних, међусобно спрегнутих, механизма са повратном спрегом. Увид у функционисање тих механизма најчешће се заснива на анализи спонтаних флукуација крвног притиска (КП) – систолног, дијастолног и средњег – и функције следбеника - срчаног ритма (СР). Уобичајенао медицинско представљање везе између ових функција је линеарна зависност.

Ова дисертација има за циљ да анализом синхронизма двају временских низова (КП и СР) стекене бољи увид у механизме који контролишу рад кардиоваскуларног система, и процени нелинеарности које су неизбежно присутне. Крајњи исход тезе је оригинална методологија која омогућава убрзану процену комплексности.

Методе ране и неинвазивне кардиоваскуларне дијагностике предмет су интензивног истраживања у последњих двадесет година. Понуђене су бројне аналитичке методе за издвајање важних информација и предиктивних показатеља из кардиоваскуларних варијабли. Значају ове тематике првенствено доприноси чињеница да су кардиоваскуларна обољења водећи узрок морталитета у Европи. Постоји потреба за економски приступачнијим методама базираним на сигнаlima чија је аквизиција део стандардизоване процедуре у клиничкој пракси. До сада постигнути резултати указују да процена комплексности кардиоваскуларне регулације пружа важне информације о регулаторним механизмима. Промена индекса комплексности најчешће указује на умањену функцију органа, губитак интеракције међу системима, претеран утицај неких подсистема или поремећај неког од регулаторних механизма, све ово су јасни показатељи патолошких ситуација.

Апроксимативна ентропија је један од најпознатијих и најчешће примењиваних поступака за анализу биомедицинских података. Широко је прихваћена за прорачун кључног биомедицинског параметра – комплексности биомедицинских низова. Промена комплексности сигнала срчаног ритма или притиска указују на нежељене појаве у организму пре него што други аналитички поступци региструју било какву промену кардиоваскуларних параметара. Вероватно је због тога апроксимативна ентропија постала најцитиранији поступак за анализу неурокардиолошких сигнала. Број цитата је већи од 4000, а раст броја цитата на годишњем нивоу је чак забележен и графички у научном раду. Број модификација $ApEn$ методе је такође спектакуларан. $ApEn$ има своју основну варијанту, где се комплексност процењује у односу на сам низ, и унакрсну варијанту, где се процењује узајамна комплексност једног низа у односу на други. Међутим, $ApEn$ има и своје недостатке: неопходна предобрада (стационаризација сигнала и уклањање артефаката), квадратна комплексност, велика потрошња процесорског и реалног времена и параметарска нестабилност.

Дисертација је организована у шест поглавља.

Након увода, у другом поглављу су, будући да је проблематика мултидисциплинарна, уведени сигнали над којим се обрада обавља и приказана је њихова физиологија. Дате су основе нервних система, аутономног нервних система и кардиоваскуларних сигнала са станивешта повратних спрега које регулишу њихов рад, а цео систем је приказан као мрежа сензора и актуатора повезаних преносним водовима.

У трећем поглављу уведен је појам ентропије као регулаторне мере временског низа и, након историјског приказа, описане су Апроксимативна ентропија (АпЕн) и Ентропија узорка (СампЕн) као најчешће коришћене мере за процену комплексности временских низова. Затим је приказана унакрсна ентропија за анализу паралелног рада временских низова. Након тога указано је на неконзистентност ентропијских процена при промени различитих параметара (нарочито дужине низа и избора прага за поређење). Друго и треће поглавље такође рекапитулирају и резултате пројекта ТР32040 у вези са истраживањима на тему ентропије у кардиоваскуларним сигнаlima.

Четврто поглавље посвећено је неким од бројних побољшања које су уведене да би се АпЕн и СампЕн методе унапредиле. То су пре свега Фази ентропија (која, на жалост, има драстично већу комплексност па се због потребне дужине обраде ретко користи), мултискаларна ентропија, условна (аналогна) ентропија и коригована условна ентропија.

У петом поглављу приказана је ентропија здружене симболне динамике.

Шесто поглавље представља оригинални допринос. Описује Бинаризовану ентропију (БинЕн) и показује да су релативни резултати поредиви са АпЕн, затим да је стабилност повећана а процесорско време драстично смањено.

Последње поглавље садржи закључна разматрања.

Укупан број поглавља: 7

Укупан број страна: 89

Укупан број слика и табела: 24

Укупан број референци: 71

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Два уводна поглавља дају неопходне информације за разумевање мултидисциплинарне проблематике којом се ова дисертација бави. Изложене су основе за разумевање физиолошких сигнала који се обрађују: нервни систем, аутономни нервни систем, кардиоваскуларни сигнали. Треће, четврто и пето поглавље представљају исцрпан преглед ентропијских истраживања у биомедицинским сигнаlima. Почев од историјског аспекта приказаног у другој глави у којој су такође уведене и историјске прекретнице АпЕн и СампЕн, преко модификација као што су Фази ентропија, Мултискаларна ентропија и разне ентропијске модификације које је увео тим истраживача из Милана (четврто поглавље) и здружене симболне динамике (пето поглавље), колега не занемарује и проблеме, нестабилности и пристрасности у ентропијским проценама.

Кључно поглавље је шесто, где је уведена оригинална анализа Бинаризоване ентропије (*БинЕн*) и показало се да заиста може да одмени *АпЕн* у условима великог броја података. Резултати процене ентропије помоћу поступака *АпЕн* и *БинЕн* су практично еквивалентни, а нежељена нестабилност *АпЕн* методе није присутна у *БинЕн* методи.

БинЕн је у ствари предложен јер је са брзим развојем сензора, комуникационих уређаја и протокола, праћење кардиоваскуларних параметара престало је да буде привилегија искључиво лекара. Перманентно само-посматрање носивим уређајима током фитнеса, рекреације, спорта, пешачења, спавања, рада постало је начин живота. Количина сигнала која се скупи током таквог дневног мониторинга прилази границама “биг дата” концепта. Ови сигнали би могли да представљају вредан извор дијагностичких и прогностичких информација, али се, по правилу, из њих процењују само средње вредности и варијансе, а параметри као што је апроксимативна ентропија се не раде из више разлога. Прво, треба урадити предобраду сигнала која подразумева активно учешће субјекта, за шта просечни корисници комерцијалних фитнес и сличних носивих уређаја нису заинтересовани. Друго, потребно ЦПУ време је велико и представља оптерећење за батерију. Треће, за накнадну обраду потребно је запамтити податке, што значи да су потребни велики меморијски ресурси што повећава потрошњу и опет захтева накнадно учешће незаинтересованог корисника.

Проблем који се поставио је следећи – треба проценити апроксимативну ентропију у реалном времену без априорне предобраде сигнала, треба остварити значајне уштеде у процесорском времену и потрошњи батерије, и треба обезбедити да се све одвија аутоматски, како се крајњи комерцијални корисник, заинтересован само само за резултат, не би оптерећивао.

Решење проблема је бинаризовање података: истраживања спроведених на другим сигнаlima показала су да се основни информациони садржај може извући из промене сигнала, а не из апсолутне вредности сигнала. Диференцијално кодовање се и иначе примењује као начин за стационаризацију сигнала, а ако се додатно још и бинарно кодује (делта модулација), елиминише се утицај артефаката. На тај начин сви вектори који се формирају од улазних бинаризованих података спадају у једну од 2^m класа, тако да све операције потребне за процену ентропије треба понављати $2^m \times 2^m$ пута (реда величине мање од 100), а не $N \times N$ пута (реда величине 10^8 и више). То је основна идеја *БинЕн* методе: трансформисати улазни низ сигнала у бинарни диференцијално кодовани низ и тиме значајно смањити број процесорских операција.

Предност *БинЕн* методе је у томе што се, у односу на *АпЕн*, елиминише потреба за предобрадом, поређења се значајно убрзавају јер су вектори дискретни а растојање постаје Хемингово. Тиме се комплексност своди на линеарну.

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

До писања извештаја нисмо обавештени о исходу другог од два рада послатих на разматрање у часопис. То је:

М23 - Рад у часопису:

1. О. Mohamoud, Т. Skoric, N. Japundzic-Zigon, D. Bajic: "Binarized entropy in differentially encoded sample delayed systolic blood pressure", *Computational and mathematical methods in medicine*, invited for a special issue *Computational and mathematical methods in cardiovascular diseases*, submitted

Прихваћени и објављени радови:

М22 - Рад у часопису:

2. О. Mohamoud, Т. Skoric, В. Milovanovic, N. Japundzic-Zigon, D. Bajic: "Binarized approximate entropy in crowdsensing environment", *Computers in Biology and Medicine*, Elsevier, accepted

М33 - Радови у зборницима водећих међународних конференција:

О. Mohamoud, Т. Loncar-Turukalo, О. Sarenac, N. Japundzic-Zigon, D. Bajic: "On symbol entropy of joint time series", ESGCO (*European Study Group for Cardiovascular Oscillations*) (7 ; Kazimiers Dolny Poland; 2012), izdavac University of Warsaw;

М34 - Изводи у зборницима водећих међународних конференција:

О. Mohamoud, Т. Skoric, N. Japundzic-Zigon, D. Bajic: "Entropy relations in infinitely clipped differential time series", ESGCO (*European Study Group for Cardiovascular Oscillations*) (9 ; Lancaster, Great Britain; 2016), izdavac University of Lancaster;

О. Mohamoud, Т. Skoric, В. Milovanovic, N. Japundzic-Zigon, D. Bajic: "Binarized approximate entropy in crowdsensing environment of stressed subjects", NEUROCARD 2016, Beograd, Izdavac zbornika Tirgu Mures.

М63 - Радови у зборницима домаћих конференција:

О. Mohamoud, Т. Loncar-Turukalo, N. Japundzic-Zigon, D. Bajic: "Parameters of Shannon and Markov Entropy in Stressed Subjects" Str. 107-110, ISBN 978-86-7892-439-2, *Зборник радова DOGS* 2012, Novi Sad;

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Дисертација је фокусирана на анализу бинаризоване ентропије (БинЕн) која омогућава процену Апроксимативне ентропије у веома популарним носивим уређајима који се напајају из батерије а мере виталне параметре корисника у разним околностима, а поглавито током спорта, фитнеса и рекреације. У таквим околностима није могуће користити АпЕн јер подаци морају да буду ставионарни а метода је квадратне комплексности па дуго траје, нарочито у условима целодневног снимања. Кандидат је извршио детаљно истраживање и показао да БинЕн, упркос веома компримованој репрезентацији сигнала, задржава довољно информација да омогући поуздану релативну процену ентропије. Надаље, показао је да компримовано представљање елиминише неконзистентност процене. Флип-флоп ефекат се не јавља а процена не зависи од дужине временског низа.

Јадан од најинтересантнијих резултата је потреба за увођењем пратеће комплементарне мере у виду условне бинарне ентропије. Оваква ентропија омогућава приказ промене ентропије дуж временске осе сигнала, и управо то представља правац даљег истраживања, нарочито на сигналима крвног притиска.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Комисија позитивно оцењује приказ и тумачење резултата истраживања. Коришћене методе и извођење самог модела приказани су на јасан и разумљив начин са довољним нивоом детаља у излагању који омогућују лакше праћење идеја. Инжењерски проблем је на адекватан начин поткрепљен теоријским извођењем где год је то било могуће.

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:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Комисија сматра да је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме. Истраживање кандидата фокусира се на процену ентропије паралелних временских низова.

<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе</p> <p>Комисија сматра да дисертација садржи све битне елементе карактеристичне за дисертацију у области електротехнике – мултидисциплинарне области обраде биомедицинских сигнала. Поред теоријског увода који пружа неопходне информације везане за саму природу физиолошких сигнала, дисертација даје преглед низа метода који се користе за процену ентропије на различитим нивоима. Резултати тезе су примењиви у комерцијалним уређајима за само-мерење виталних параметара током фитнеса, спорта и рекреације, али и у холтер уређајима.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Дисертација пружа неколико оригиналних доприноса науци. Представљен је поступак бинаризоване апроксимативне ентропије и показало се да, као и код говорног сигнала, представљање одмерка само једним битом (два амплитудска нивоа) и то диференцијално не ремети ентропију као релативну меру комплексности. Показало се, такође, да је метода неосетљива на пристрасност инхерентну апроксимативној ентропији и да је стабилна у контексту пораста дужине низа, као и да релативни однос не зависи од прага, тј. да се флип-флоп ефекат не појављује. Пратећа мера диференцијалне Марковљеве (условне) ентропије показује интересантне особине (не)зависности у контексту сигнала систолног (горњег) крвног притиска што ће представљати наставак истраживања.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Комисија нема замерки за реализацију како резултата, тако и текста дисертације. Међутим, језик тезе није кандидатов матерњи, па постоји оправдана сумња да би изражајност била побољшана да се кандидат изражао на свом језику.</p>
ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се на основу изложеног докторска дисертација кандидата Омера Мохамоуда прихвати, а кандидату одобри одбрана

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Жељен Трповски ванр. проф., председник,
ФТН, Универзитет у Новом Саду+

Др Нина Јапунцић-Жигон, редовни професор, члан,
Медицински факултет, Универзитет у Београду

Др Војин Шенк, редовни професор, члан
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Др Живко Бојовић, доцент, члан,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Др Драгана Бајић, редовни професор, ментор
ФТН, Универзитет у Новом Саду

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.