

РЕЦЕНЗИЯ НА ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД

за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“
на Докторант: **инж. Калин Боянов Калинин**

от доц. д-р **инж. Ивелина Стефанова Балабанова**
Технически университет - Габрово

Професионално направление: 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“
Докторска програма: „Теоретични основи на комуникационната техника“

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение.

Изучаването на влиянието на стреса и произтичащите от него негативни емоционални проявления, когнитивни натоварвания и психически разстройства, отразяващи се изключително пагубно върху човешкото физическо и психическо здраве, са особено актуален проблем в модерната биомедицинска диагностика. От съществено значение, подмагашо дейността на научни изследователи, психолози, психотерапевти и други медицински специалисти е внедряването на адекватни методики и системни решения за моделиране и изследване на стрес и когнитивни състояния. Във връзка с постигане на по-голямо бързодействие и ефективност при оценка на състоянието на човешкото здраве с особен приоритет е анализът на пиковия спрямо дълготрайния вид стрес, какъвто акцент е заложен в дисертационния труд. Разработването на ефективни подходи за извличане, оценка на значимостта и подбор на описатели при обработка на физиологични сигнали в съчетание с предимствата на методите на машинно обучение при мониторинг и детектиране на стресови емоционални и когнитивни състояния е подходяща и много добра основа за разширяване на спектъра на съвременните биомедицински системи с научна и чисто медицинска приложност.

2. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал.

Прави впечатление, че дисертантът е провел последователен и задълбочен анализ, комплексна оценка и пълна индивидуална интерпретация на множество изследвания при различни етапи на представяне пред научната общност относно:

- използваните подходи за моделиране на емоции спрямо анализ на компонентите „валентност“ и „възбуда“;
- методите за оценка на признаците на въздействие, както и детекция на когнитивните натоварвания и състояния върху автономната нервна система;
- подходите за детерминиране на емоционални и когнитивни състояния и техники за извличане на описатели от физиологични сигнали;
- затрудненията и проблемите във връзка с извличането на описатели, необходимостта от адаптивна селекция при тяхна обработка и разработване на цялостно системни концепции за моделиране на стрес и когнитивни състояния;

- слабостите по отношение на наличните бази данни с физиологични сигнали и методики за редуциране на наличието на шумове, отстраняване на артефакти (статистически метод, комплексна демодулация с променлива честота, дискретна уейвлет трансформация, метод на най-малките средни квадрати и т.н.) и ограничаване на обема на информационните извадки.

3. Избраната методика на изследване във връзка с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

По отношение на обекта на изследване е направен избор на два основни типа физиологични сигнали, съответно „фотоплетизмограма ФПГ“ и „електродермална активност (ЕДА)“. За тяхната обработка е избран подход, включващ:

- регистрация на „фотоплетизмограмата“ посредством сензорен елемент, поставен на ухото;
- децимация и сегментиране на биопотенциални сигнали ФПГ и ЕДА с времева продължителност в рамките на 2 минути за редукция на обема на измервателните данни;
- отделяне на SCR компонентата, носеща силна информативност по отношение на емоционалните и когнитивни състояния, на ЕДА сигнали чрез използване на плъзгащ се медианен филтър с експериментално установена дължина на прозореца.

Използват се техники за търсене на нарастващи фронтове със специфична дължина и пикове с предварително зададено разстояние с двустепенен модул за корекция на изместването във връзка с детектиране на систолични пикове във „фотоплетизмограмата“.

Прилага се статистически подход за изчисление на множества от характеристични описатели от „фотоплетизмограмата“ във времевата и честотната област – IBIs, RMSSD, SD и т.н., с предварителна подготовка на RR сигналите. По отношение на честотният анализ е налице възможност за калкулация на специфичната „вариабилност на сърдечната честота HRV“. Описаните изследвания се реализират с помощта на софтуерните платформи MATLAB и Kubios. HVR анализът се базира на Бързото преобразование на Фурие, метода на Уелш и изчисленията на Kubios.

Използва се алгоритъм за откриване на SCR пикове в физиологични EDA сигнали, състоящ се в търсене на нарастващи фронтове и сравнение на дискрети, изчисляване на разстоянието между намерените нарастващи фронтове, изчисляване на позициите на кандидатите, сравнение на амплитудни прагове и проверка за нулеви пресичания преди и след всеки кандидат.

Прилага се алгоритъм за извличане на набор от статистически характеристични описатели при обработка на „електродермална активност“ във времевата и честотната област по отношение на „кожно-гальваничната реакция“.

Поради възникваща необходимост от предварителна обработка на характеристичните описатели се използват техники с нормиране на описателите в границите „0-1“ в комбинация с Fisher's Linear Discriminant (FLD) при FDR (Fisher Discriminant Ratio) с прагова стойност 2.4. По този начин се постига повишаване на точността при откриване на емоционалната компонента на

стреса HANV – “Висока възбуда/Отрицателна валентност”. Приложен е алгоритъм за адаптивна селекция на информативни признаци на основата на анализ на адаптивни функции с FLD технически похват спрямо фиксирано FDR ниво. Прилага се разпознаване на афективна възбуда, валентност, както и идентификация на ВВ/ОВ (HANV) състояния при анализ на извлечени описатели от „кожно-гальванична реакция“ – $SCR_{пик}$, $SCR_{ср}$ и $SCR_{со}$, в допълнение с комплект от всички дескриптори чрез SVM (Support Vector Machine) модели.

Използва се статистически подход за изследване на описатели на сърдечната дейност на мъже и жени по отношение на специфицирани категории визуални стимули - „Висока възбуда - Висока валентност (HANV)“, „Ниска възбуда - Висока валентност (LANV)“, „Ниска възбуда - Отрицателна валентност (LANV)“ и „Висока възбуда - Отрицателна валентност (HANV)“. Изследването се базира на сравнение по математически (Math), струп (Stroop) и логически (IQ) тестове и оценка на групи SD критерии.

Предложена е методика за създаване и верификация на SVM модели за разпознаване на стрес и когнитивни състояния, преминаваща през предварителна обработка, извличане и адаптивна селекция на описатели. Използват се блокове от PPG и EDA регистрирани физиологични сигнали на 56 участници, от които 16 жени и 40 мъже. Изследванията се отнасят до детекция на пиков стрес относно подход за индивидуална зависимост.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Проведено е задълбочено изучаване, анализ и систематизиране във връзка със следните ключови моменти:

- проблемите при съществуващите бази данни при съхранение и опериране с биомедицински данни;
- използваните техники за установяване и редуциране на наличието на шум и артефакти;
- методите при първична обработка, извличане на признаци, синтез на модели за разпознаване;
- необходимостта от интеграция в автоматизирани преносими устройства.

Достоверността на приносите към дисертационния труд в пълна степен се потвърждава от проведените множество процедурни верификации при опериране с физиологични сигнали от достъпни база данни и работа с реални физически лица в ролята на участници в проведените изследвания.

5. В какво се заключават научните или научно-приложните приноси на дисертационния труд.

Приносите в дисертационния труд са разделени на научно-приложни и приложни като според мен могат да бъдат систематизирани по следния начин:

- Разработен е експериментален протокол и е създадено ресурсно хранилище за снемане и регистрация на физиологични записи, съдържащи синхронизирани ECG, PPG и EDA сигнали;
- Предложен е алгоритмичен подход за децимация и сегментиране на обектни физиологични сигнали „фотоплеизмограма“ и

„електродермална активност”, както разделяне на SCL и SCR компонентите във връзка с минимизиране на шума, ограничаване на обема от данни и извличане на силно информативни признаци за констатация на емоционални и когнитивни състояния;

- Синтезирани са подходи за детекция на систолични пикове и пикове в SCR компонентата при ФПГ и ЕДА сигнали, обособени като системни модули при разпознаване на емоционални, стресови и когнитивни състояния;
- Разработени са методични подходи за извличане на статистически времеви и честотни характеристични описатели при манипулации с „фотоплетизмографски сигнали“ и биопотенциална „електродермалната активност“;
- Систематизиран е подход за селекция на характеристични описатели на основата на линейна дискриминанта на Фишър при детектиране на емоционална компонента на стреса;
- Предложена е методика за изследване на ефективността на участници при опериране с математически (Math), струп (Stroop) и логически (IQ) тестове, подложени на различни категории визуални стимули, предизвикващи различни прояви на сърдечната дейност;
- Потвърдени са положителните аспекти и надеждността от разработената модулна методика за предварителна обработка на биопотенциални сигнали, извличане и адаптивна селекция на характеристични описатели, обучени, синтез и верификация на SVM детектори на пиков стрес относно широк кръг от участници.

6. Оценка на степента дисертационния труд и приносите п лично дело на дисертанта.

Мога да кажа, че дисертантът е взел значително участие при разработване и съставяне на отделните модули от изследванията в структурата на дисертационния труд. Отличава се високата степен на познаване на съвременните технически похвати за регистрация и обработка на физиологични сигнали, подбор на описатели, синтез и верификация на модели на основата на машинно обучение за диагностика на емоционални състояния. Прави впечатление значителния обем от извършена експериментална работа спрямо различни сценарии при участие на реални лица – обект на изследване.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

По отношение на запознаване на научната общност в страната и чужбина с постигнатите резултати от отделните етапи на изготвяне на дисертационния труд пред са реализирани 12 публикации. Една от публикациите е самостоятелна, а останалите са в съавторство с научния му ръководител и авторски колектив. Десет от публикациите са изнесени на конференции в страната и чужбина. Два от научните трудове са поместени в национално и международно списание. Десет публикации са достъпни в международни индексирани бази данни IEEE Xplore и Scopus.

8. Използваемост на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

Към този момент е създадена специализирана база данни CLAS с натрупани експериментално придобити биомедицински данни относно дефинирани категории физиологични сигнали. Базата данни е достъпна чрез платформата IEEE Datarport за учени и изследователи от цял свят.

9. Мотивирани препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложните приноси и внедряване в практиката.

- превенция на психичното здраве на работещи в динамична, токсична и потенциално опасна среда с повишени нива и продължителност на стрес. Подпомагане постигането на жизнена комфортна среда;
- подобряване на производителността на труд и оценка на удовлетвореността от условията на труд на работещи служители в администацията, бизнеса и индустрията;
- постигане на по-високо качество на обучение и подобряване на ефективността при усвояване на нови знания и компетентности от обучаемите;
- внедряване и интеграция на преносими автоматизирани решения на основата на разработената система и предложените алгоритми и подходи за диагностика на стрес и когнитивни състояния;
- учеличаване на обхвата на съвременните биомедицински анализиращи системи, прилагани в областта на електронното здравеопазване;
- подпомагане на дейностите на психолози, психотерапевти, здравни експерти и анализатори при изготвяне на национални статистически справки за оценка на степента на психичното здраве на населението по работни отрасли, възрастови и полови групи, и други специфицирани категории.

10. Оценка на автореферата съгласно изискванията.

Съставеният автореферат по отношение на дисертационен труд е изготвен в обем от 30 страници съгласно изискванията. Авторефератът напълно отразява основните моменти и постигнатите резултати в хода на проведените изследвания. В структурно отношение не е налице необходимост от внасяне на пояснителни корекции и допълнения.

11. Бележки и препоръки по дисертацията, включително и по литературната осведоменост на кандидата.

Считам, че посочените забележки и препоръки в предварителната рецензия във връзка с някои аспекти от изложението на дисертационния труд са коригирани. Мога да кажа, че на този етап от съставяне разработката е в завършен вид и няма необходимост от реструктуриране и внасяне на нови допълнения. Анализирани са богата справка от съвременни литературни източници, даваща много добра представа относно съществените силни и слаби страни, както и потенциални възможности за развитие и надграждане на съществуващи изследвания към момента. Дисертационният труд е изготвен на много висок научен стил и задълбочено познаване на спецификата и особеностите на поставената проблематика в разглежданата предметна област.

12. Други въпроси, по които рецензентът счита, че следва да вземе отношение.

Нямам допълнителни въпроси или препоръки, по които мога да взема отношение или посоча към настоящия момент по дисертационния труд.

13. Заключение с ясно становище да се даде или не научна степен.

В заключение мога да кажа, че представеният ми за рецензиране дисертационен труд се отличава с иновативни значими приноси и приложимост, както от научна гледна точка, така и по отношение на бизнес насочеността на модерните биомедицински системи. Съставените подходи и синтезирани модели успешно могат да бъдат интегрирани в качеството на технически инструменти за диагностика на стрес и оценка на емоционалните и когнитивните психологически състояния при разработване на преносими устройства, които в значителна степен ще подпомогнат работата на изследователи в областта.

Базирайки на изложеното към този момент предлагам **присъждане** на Образователна и научна степен „**Доктор**“ на дисертанта инж. Калин Боянов Калинков в професионално направление 5.3 „**Комуникационна и компютърна техника**“ по Докторска програма „**Теоретични основи на комуникационната техника**“.

Дата: 15.04.2020 г.
гр. Габрово

С уважение:.....
/ доц. д-р инж. И. Балабанова /