

СТАНОВИЩЕ

за дисертационен труд за придобиване на научна степен "Доктор на науките"

Автор на дисертационния труд: доц. д-р инж. Галя Николова Георгиева-Цанева

Тема на дисертационния труд: ХИБРИДНИ ПОДХОДИ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ДИГИТАЛЕН БЛИЗНАК НА ВАРИАБИЛНОСТТА НА СЪРДЕЧНАТА ЧЕСТОТА

Професионално направление: 5.2. Електротехника, електроника и автоматика,

Научна специалност: 02.21.01 Елементи и устройства на автоматиката изчислителната техника.

Изготвил становището: проф. д-р инж. Валентин Матеев Матеев, Технически университет – София, Електротехнически факултет, член на научното жури съгласно заповед № 50/20.04.2026 г. на Директора на ИР-БАН „Св. Ап. и Ев. Матей“ – гр. София

1. Актуалност на дисертационния труд.

Обект на изследване в дисертационния труд са биомедицинските системи за изграждане на модел на ниво дигитален близък на вариабилността на сърдечната честота, базирани на регистрация, обработка, анализ, симулация и защита на кардиологични сигнали. Моделът на вариабилността на сърдечната честота се разглежда като интегриран динамичен модел, който в реално време възпроизвежда и прогнозира състоянието на автономната сърдечна регулация чрез физиологични данни, математически модели и интелигентни алгоритми. Електрокардиографските, фотоплетизмографските сигнали се използват като входни данни за дигиталния близък, тъй като те отразяват сложни регулаторни механизми, свързани с физиологичен стрес, умора, адаптация и рискови отклонения в сърдечно-съдовата система.

Актуалността на проблема се обуславя от нарастващите изисквания към съвременните здравни, спортни и IoT-базирани системи за непрекъснат мониторинг и прогнозиране на физиологични състояния в реално време. В условията на бързо развитие на преносими сензори, телемедицина и концепция за дигитални близки, особено значение придобиват подходи, които едновременно осигуряват висока точност на измерване, устойчивост на шум, интерпретируем анализ и възможност за симулация на бъдещи състояния на сърдечната регулация.

2. Степен на познаване на състоянието на проблема.

Дисертационният труд е в обем от 250 стр., 116 фигури, 69 таблици, 235 цитирани източника и съдържа увод, пет глави, заключение, приноси. Контекстуално и същностно са описани поставените проблеми, направените изследвания и получените резултати. Дисертационният труд е основан на 25 актуални научни публикации, направени в периода 2021 – 2026, получили широка популяризация в списания с отворен достъп и научни конференции. Показателна е справката за цитиранията на тези статии, като са описани над 70 такива, които нарастват и към момента. Осем от публикациите са самостоятелни, в преобладаващ брой авторът е първи съавтор. Въз основа на съдържанието на дисертационната работа, публикациите по настоящата процедура, останалите публикации и като цяло научната биография на автора, определено може да се констатира отлично познаване на информационно-изчислителната и приложни части на проблема и свободната работа със широк спектър на съвременни числени методи за целите на дисертационната работа.

3. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси.

Основната цел на дисертационния труд е разработване и изследване на интегрирана хибридна методологична рамка за обработка, анализ, моделиране и защита на кардиологични сигнали, базирана на съчетаване на класически математически и съвременни ИИ подходи, подпомагаща изграждането на дигитален близък на вариабилността на сърдечната честота в IoT среди. Подборът на методите по новост, производителност и актуалност е безспорно успешен.

В дисертационния труд са дефинирани и изпълнени следните основни задачи:

1. Изследване и разработване на методи за ефективно намаляване на шумовете в кардиологични сигнали чрез комбиниране на класически и ИИ-базирани подходи.

2. Разработване на устойчиви хибридни методи и алгоритми за детекция на характерни върхове в ECG и PPG сигнали, приложими в реални и шумови условия.

3. Създаване и анализ на нови модели за симулация на вариабилността на сърдечната честота при ECG, PPG сигнали, базирани на гаусови модели, хаотични системи и невронни мрежи, с повишена физиологична достоверност, контролируемост и възпроизводимост на реални кардиологични процеси.

4. Изследване и разработване на методи за защита на кардиологични данни чрез интеграция на криптографски и водно-знакови подходи, осигуряващи поверителност, цялостност и автентичност на данните без компромис с диагностичната им стойност.

5. Разработване на методологична рамка за разграничаване на физиологичните състояния покой, умора и стрес при спортисти чрез комплексен анализ на показатели на вариабилността на сърдечната честота, с фокус върху приложения в спортната кардиомедицина.

6. Изследване и развитие на подходи за изграждане на дигитален близък на вариабилността на сърдечната честота, интегриращ реални измервания, симулационни модели и интелигентен анализ, с приложение в IoT и преносими системи за непрекъснат мониторинг.

7. Създаване на нови интегрални индекси за оценка и прогнозиране на функционалното състояние на организма, базирани на показатели на вариабилността на сърдечната честота, предназначени за използване в рамките на HRV-базиран дигитален близък

Приемам групирането на научните и научноприложни приноси на дисертационния труд в следните направления:

Научни приноси

1. Формулирана е концепция за дигитален близък на вариабилността на сърдечната честота като персонализируема и динамична рамка за моделиране, интерпретация и прогноза на автономната сърдечна регулация.

2. Предложени са оригинални методи за анализ и детекция в PPG/ECG сигнали, включително хибриден ИИ подход, интегриращ уейвлет представяне, CNN-LSTM архитектура и механизъм за времево внимание за детекция на Р-пикове в PPG сигнали.

3. Разработени са нови симулационни модели за вариабилността на сърдечната честота, PPG и ECG сигнали, включително хибридни и фрактално ориентирани решения, сред които моделът GMF-Rössler, комбиниращ морфологично описание и хаотична динамика.

4. Формулиран е регионално-адаптивен принцип за защита на кардиологични данни, при който криптографската защита и защитата чрез водно маркиране се адаптират към диагностичната значимост на различните сегменти на сигнала.

Научноприложни приноси

5. Разработени са методи за адаптивно шумопотискане, надеждна детекция и извличане на интервали от PPG и ECG сигнали, валидирани в реално време и енергийно ограничени условия.
6. Създадени са три интегрални индекса на вариабилността на сърдечната честота – FDTI, RDTI и PDTI – за оценка на умора, краткосрочно възстановяване и дългосрочна адаптация, апробирани върху данни от спортисти при различни тренировъчни режими.
7. Разработени са методи и архитектури за сигурна обработка на кардиологични данни, включително хибридна криптография, водно маркиране и механизми за проследимост и автентичност, както и многоиндексен метод за автоматично сигнализиране на физиологичен риск в реално време.

Приложните приноси съдържат реализациите от научните и научно-приложните приноси.

Дисертационният труд предлага концептуална и интердисциплинарна научна рамка, която свързва средствата на математическо моделиране, изкуствен интелект, физиология и киберсигурност в единна платформа за анализ на кардиологични данни. Получените резултати разширяват теоретичните основи на анализа на вариабилността на сърдечната честота и създават методологична база за развитие на интелигентни дигитални близнаци, персонализиран мониторингови и прогностични здравни технологии. Получените резултати показват, че е налице съответствие между поставените цели и постигнатите резултати в дисертационния труд.

4. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Дисертационният труд се базира на 25 научни публикации, от 14 които в издания с IF и/или SJR (6 с Q1, 2 с Q2, 4 с Q3 и 2 с Q4); 10 са представени на международни и национални научни конференции и 1 глава от монография. Осем от публикациите са самостоятелни, а останалите са в авторски колектив. Направени са в периода 2021 – 2026, получили широка популяризация в списания с отворен достъп и научни конференции. Справката за цитиранията на тези статии показва над 70 забелязани към момента на започване на процедурата. Това ми дава основание да оценя представените по дисертационния труд публикации като достатъчно представителни.

По отношение на националните и институтските наукометрични данни за област „Технически науки“ за при добиване на научната степен „доктор на техническите науки“ по група показатели както следва: А = 50 т.; Б = 100 т.; Г = 424 т. (съответно Г7 = 307.98 т., Г8 = 106.66 т., Г9 = 10 т.); Д = 558 т. (съответно Д12 = 520 т., Д14 = 38 т.). Общо точки 1132 т. Тъй като минималният брой точки е 350 т., а изпълнението е 1132 т., нормативните изисквания са категорично преизпълнени.

5. Мнения, препоръки и бележки.

Мнението ми за представената дисертационна работа е положително. Могат да се направят бележки към представянето на част от терминологията в текста, която е на английски език, това важи също за означения на фигури, абривиатури и други. Определен стремеж към обогатяване на названията на български език е препоръчителен, дори и термините да не са общоприети, като самата дисертационна работа може да ги въведе и зададе като стандарт за използването им. Също така една сравнителна оценка на изчислителната сложност на методите би била много полезна поради ограничения ресурс при носимите биомедицински приложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на предоставените материали показва, че дисертационният труд на доц. д-р инж. Галя Николова Георгиева-Цанева съдържа значими за практиката и теорията изследвания и

результати, чрез които са решени важни научни, научно-приложни и приложни задачи и постигнати съответни значими приноси. Изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за неговото приложение и изискванията за развитие на академичния състав на ИР-БАН за присъждане на научна степен „Доктор на науките“ са изпълнени. Това ми дава основание да подкрепя и убедено да препоръчвам на членовете на почитаемото Научно жури да присъди на доц. д-р инж. Галя Николова Георгиева-Цанева научната степен „Доктор на науките“ в област на висшето образование 5. „Технически науки“, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“.

Дата: 09.06.2026

Изготвил становището:

/проф. д-р В. Матеев/