



РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-тн. Велислава Норева Любенова – Институт по роботика-БАН
относно дисертационен труд за придобиване на научната степен „доктор на науките“
на доц. д-р инж. Галя Николова Георгиева-Цанева
на тема:

„Хибридни подходи за изграждане на дигитален близък на варибилността на сърдечната честота“

Научна област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.2 Електротехника, електроника и автоматика

Научна специалност: „Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника“

Със Заповед № 50/20.04.2026 г. съм определена за член на Научното жури по процедурата за придобиване на научната степен „доктор на науките“, а съгласно Протокол № 1 от първото заседание на журито, проведено на 21.04.2026 г., съм определена за рецензент на дисертационния труд. Получила съм всички документи по процедурата, представени от кандидата.

1. Кратко представяне на кандидата

Доц. д-р инж. Галя Николова Георгиева-Цанева е завършила висшето си образование във Висшия машинно-електротехнически институт – Варна през 1989 г., като придобива квалификация инженер по електроника и автоматика.

Образователната и научна степен „доктор“ получава през 2016 г. в Института по системно инженерство и роботика при Българската академия на науките.

Научната ѝ дейност в Българската академия на науките започва през 1990 г. От 2010 г. заема академичната длъжност „главен асистент“ в Института по системно инженерство и роботика – БАН (понастоящем Институт по роботика – БАН). В периода 2019–2021 г. е постдокторант по Националната програма „Млади учени и постдокторанти“ на Министерството на образованието и науката. От 2021 г. е доцент в секция „Медицинска роботика“ към Института по роботика – БАН, а от 2023 г. е ръководител на същата секция.

2. Изпълнение на минималните национални изисквания за придобиване на научната степен „доктор на науките“

От представената справка за изпълнение на минималните национални изисквания е видно, че доц. д-р инж. Галя Николова Георгиева-Цанева не само изпълнява, но и значително надвишава изискванията за придобиване на научната степен „доктор на науките“ в Област на висше образование 5. Технически науки.

При минимално изискуеми 350 точки кандидатът представя общо 1132.64 точки, което надхвърля повече от три пъти нормативно определения минимум. Особено високи са резултатите по група показатели Г, където са отчетени 424.64 точки при минимално изискуеми 100 точки, както и по група показатели Д, с отчетени 558 точки при изискуеми 100 точки.

Тези показатели свидетелстват за висока публикационна активност, значим научен принос, добра цитируемост и устойчиво присъствие в международната научна

литература. Същевременно те са показател за научната разпознаваемост и въздействие на получените резултати върху развитието на съответното научно направление.

Въз основа на представените данни считам, че кандидатът напълно покрива и съществено надвишава минималните национални изисквания и наукометрични критерии за придобиване на научната степен „доктор на науките“.

Брой точки по група показатели (Област 5. Технически науки)

Група от показатели	Показател	Изискуем брой точки	Брой точки на кандидата
А	1. Дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „доктор“	50	50
Б	2. Дисертационен труд за присъждане на научна степен „доктор на науките“	100	100
Г	7. Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация	40/n	307.98
	8. Научни публикации в нереперирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове	20/n	106.66
	9. Публикувана глава от колективна монография (самостоятелна)	10/n	10
Сума от група показатели Г		100	424.64
Д	12. Цитирания и рецензии в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация или в монографии и колективни томове	10	520
	14. Цитирания и рецензии в нереперирани списания с научно рецензиране	2	38
Сума от група показатели Д		100	558
Сума от всички показатели в таблицата		350	1132.64

3. Обща характеристика на дисертационния труд

Представеният дисертационен труд е посветен на актуален и научно значим проблем, свързан с разработването на хибридни подходи за изграждане на дигитален близък на варибилността на сърдечната честота (HRV Digital Twin). Изследването е позиционирано в интердисциплинарната област между интелигентната обработка на биомедицински сигнали, моделирането на физиологични процеси, изкуствения интелект и цифровото здравеопазване.

Дисертационният труд е разработен в обем от 250 страници и съдържа 116 фигури, 69 таблици и 235 литературни източника. Структуриран е в увод, пет глави, заключение и научни приноси. Изследването е базирано на 25 научни публикации, получили над 70

независими цитирания. Това свидетелства за добрата видимост и разпознаваемост на научните резултати в международната научна общност.

В съдържателно отношение трудът се характеризира с ясно изразен интердисциплинарен подход и последователна изследователска логика. Разработените методи и модели са подчинени на обща концепция, насочена към анализ, моделиране и прогнозиране на физиологични състояния чрез вариабилността на сърдечната честота.

Считам, че обемът, структурата, тематичният обхват и научната дълбочина на разработката съответстват на изискванията към дисертационен труд за придобиване на научната степен „доктор на науките“.

4. Актуалност и значимост на тематиката

Актуалността на дисертационния труд се определя от нарастващата необходимост от надеждни методи за обработка, анализ и интерпретация на физиологични данни в условията на цифрово здравеопазване, телемедицина, носими устройства и IoT-базиранни системи за мониторинг.

Научната значимост на разработката произтича от ролята на вариабилността на сърдечната честота като чувствителен индикатор за автономната нервна регулация, физиологичния стрес, адаптационния капацитет и риска от сърдечносъдови нарушения.

Дисертационният труд предлага интегриран подход, съчетаващ обработка на сигнали, нелинеен и фрактален анализ, симулационно моделиране и AI-базиранни методи за интерпретация на физиологични състояния.

Особено значим е стремежът към изграждане на концепция за HRV-базиран дигитален близък, която придава на изследването както научна, така и висока научно-приложна стойност.

5. Анализ на структурата и методологичното единство на труда

Структурата на дисертационния труд е логично изградена и последователно подчинена на поставената научна цел. Отделните глави не представляват самостоятелни изследователски фрагменти, а формират взаимосвързана методологична последователност, която преминава от анализ на проблема и разработване на отделни методи към тяхното концептуално обединяване в цялостна научна рамка.

Първата глава има обзорец и проблемно-аналитичен характер. В нея са анализирани съвременните подходи за обработка, анализ, моделиране и защита на кардиологични сигнали, като са идентифицирани съществуващите ограничения и нерешени научни проблеми. На тази основа е обоснована необходимостта от разработване на интегриран подход за анализ и прогнозиране на физиологични състояния, който определя общата насока на последващите изследвания.

Втората глава е посветена на предварителната обработка на ECG и PPG сигнали, шумопотискането и детекцията на характерни върхове. Тази част има фундаментално значение за цялостната изследователска постановка, тъй като надеждността на всички последващи анализи и модели зависи пряко от качеството на входните физиологични данни и точността на извличаните времеви характеристики.

В третата глава се разглеждат подходи за симулационно моделиране на ECG, PPG и HRV сигнали. Научната стойност на тази част се състои в стремежа да бъдат моделирани не само статистическите свойства на сигналите, но и техните нелинейни, фрактални и динамични характеристики, което създава предпоставки за по-реалистично описание на автономната сърдечна регулация.

Глава четвърта е логично свързана с архитектурата на дигиталния близък и разглежда проблемите на сигурността и защитата на данните. Включването на тази проблематика е методологично обосновано, тъй като функционирането на системи за дигитални близкаци предполага непрекъснат обмен, съхранение и обработка на чувствителна медицинска информация в IoT и телемедицинска среда.

Петата глава има синтезиращ характер и представлява кулминацията на проведеното изследване. В нея разработените методи за обработка на сигнали, симулационно моделиране, анализ на HRV, AI-базирана интерпретация и защита на данните са интегрирани в единна концептуална рамка за HRV-базиран дигитален близък. По този начин се осъществява преход от отделни методологични решения към цялостна система за оценка, интерпретация и прогнозиране на физиологични състояния, включително умора, възстановяване и риск.

Считам, че между отделните глави е налице ясно изразено методологично единство и вътрешна логическа последователност. Разработката последователно преминава от решаването на частни научни задачи към тяхното интегриране в обща концептуална рамка, което е характерен белег на изследване, съответстващо на изискванията за придобиване на научната степен „доктор на науките“.

6. Научни и научно-приложни приноси

Приемам по същество формулираните от автора научни и научно-приложни приноси. Считам за уместно те да бъдат диференцирани според тяхната научна значимост, тъй като обхващат резултати с различна степен на теоретична дълбочина, оригиналност и приложен потенциал.

Научен принос с най-висока степен на обобщение представлява разработването на концептуална и методологична рамка за HRV-базиран дигитален близък, обединяваща процедурите по регистрация, обработка, моделиране, анализ и прогнозиране на физиологични състояния чрез вариабилността на сърдечната честота. Концепцията е разработена последователно в целия дисертационен труд и е синтезирана в глава пета. Съществен научен принос представлява и интегрирането на HRV анализа, фракталния анализ и AI-базираните методи за неконтролирано разпознаване на физиологични състояния – подход, който надхвърля традиционния линеен анализ на вариабилността на сърдечната честота и осигурява интерпретируема основа за изграждане на дигитален близък. Към тази група следва да бъде отнесена и разработената методологична рамка, обединяваща обработката на биомедицински сигнали, симулационното моделиране, AI интерпретацията и защитата на данните в единна архитектурна концепция.

Със значителна научно-приложна стойност се характеризират разработените хибридни алгоритми за обработка на PPG и ECG сигнали, по-специално архитектурата DWT-CNN-LSTM с механизъм за времево внимание за детекция на P-пикове, достигаща стойности на показателя F1 до 0.92, както и многофакторният уейвлет-базиран метод за адаптивно шумопоискане. Към тази група следва да бъдат причислени и трите интегрални индекса – FDTI, RDTI и PDTI – предназначени за оценка на умората, темпа на възстановяване и прогнозиране на физиологичното състояние, валидирани върху реални данни от спортисти при различни тренировъчни режими. Допълнителен аргумент в подкрепа на значимостта на тези резултати е тяхното публикуване в реферирани издания с импакт-фактор и наличието на самостоятелни цитирания в международната научна литература.

Инженерно-приложен характер имат разработените криптографски модели и watermarking схеми за защита на кардиологични данни, включително предложеният регионално-осъзнат принцип за адаптивна защита, съобразена с диагностичната

значимост на отделните физиологични сегменти. Тяхната стойност произтича преди всичко от решаването на практически проблеми, свързани със сигурността на данните в IoT и телемедицинска среда. Резултатите са убедително валидирани и демонстрират висока степен на клинична съвместимост ($PRD < 0.25\%$ и $SNR 31-40\text{ dB}$), което потвърждава тяхната практическа приложимост.

В обобщение, структурата и йерархията на приносите отразяват задълбочаваща се научна зрялост – от разработването на конкретни алгоритмични решения към изграждането на методологична рамка и концептуален синтез. Именно способността за системно мислене, за интегриране на интердисциплинарни подходи и за обединяване на разнородни методологични компоненти в цялостна научна концепция представлява характерен белег на дисертационен труд за придобиване на научната степен „доктор на науките“.

7. Критични бележки

Въпреки безспорните научни и приложни достойнства на дисертационния труд, могат да бъдат направени някои бележки и препоръки, които не намаляват неговата стойност, а очертават възможности за по-нататъшно развитие на представените изследвания.

1. Въпреки обширния литературен обзор на методите за обработка и анализ на кардиологични сигнали, симулационно моделиране и AI-базирани подходи, позиционирането на предложената концепция за HRV Digital Twin спрямо съвременните медицински Digital Twin системи би могло да бъде по-детайлно разгледано. По-ясното очертаване на елементите на научна новост и оригиналност спрямо актуалните международни разработки би допринесло за още по-прецизно аргументиране на концептуалния принос на дисертацията.
2. В дисертационния труд са разработени и валидирани редица отделни методи и модели за обработка, анализ, симулация и интерпретация на кардиологични данни. В бъдещи изследвания би представлявало интерес тяхното изследване и оценяване като цялостна интегрирана архитектура на HRV Digital Twin. Провеждането на унифицирани сравнителни експерименти върху стандартизирани публични бази данни би позволило още по-прецизно позициониране на разработените решения спрямо съвременното състояние на научните изследвания в областта.
3. Значителна част от експерименталните изследвания са насочени към приложения, свързани със спортната физиология, оценката на умората и адаптацията към физическо натоварване. Разширяването на валидацията върху по-мощни и разнородни клинични популации би създало допълнителни предпоставки за оценка на приложимостта и устойчивостта на предложените методи и индекси в по-широк спектър от медицински сценарии.
4. Представените AI-базирани модели демонстрират висока ефективност при решаване на конкретни задачи, свързани с анализ и интерпретация на кардиологични сигнали. В контекста на бъдещи медицински приложения и интелигентни системи за мониторинг би било полезно по-задълбочено разглеждане на аспектите, свързани с интерпретируемостта, обяснимостта и надеждността на вземаните от моделите решения.

Посочените бележки не намаляват по никакъв начин научната стойност на дисертационния труд. Напротив, те очертават перспективни направления за бъдещо развитие на изследванията и потвърждават значителния потенциал на предложените концепции, модели и методи за развитие на съвременни системи за интелигентен анализ и прогнозиране на физиологични състояния.

5. Съответствие с изискванията на ЗРАСРБ и ППЗРАСРБ

Съгласно чл. 12, ал. 3 от ЗРАСРБ дисертационният труд за придобиване на научната степен „доктор на науките“ трябва да съдържа теоретични обобщения и решения на големи научни или научно-приложни проблеми, представляващи значителен и оригинален принос в науката.

Считам, че представеният дисертационен труд удовлетворява тези изисквания. Налице са както оригинални научни резултати, така и решения на значими научно-приложни проблеми. Разработката представлява самостоятелно и концептуално завършено научно изследване, съдържащо значими научни и научно-приложни резултати, обединени в единна методологична рамка.

Представените резултати демонстрират самостоятелна научна линия, интердисциплинарен подход и висока степен на научен синтез. Поради това считам, че дисертационният труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и ППЗРАСРБ за придобиване на научната степен „доктор на науките“.

6. Заключение

Представеният дисертационен труд представлява значимо, самостоятелно и завършено научно изследване с оригинални научни и научно-приложни приноси.

Трудът демонстрира висока научна компетентност, интердисциплинарен подход, добра методологична обосновааност и способност за научен синтез. Особено високо оценявам концептуалното обединяване на разработените методи и модели в единна рамка за HRV-базиран дигитален близнак.

Считам, че дисертационният труд напълно отговаря на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и на критериите за придобиване на научната степен „доктор на науките“.

Поради изложеното давам положителна оценка на дисертационния труд и убедено препоръчвам на уважаемото Научно жури да присъди на доц. д-р инж. Галя Николова Георгиева-Цанева научната степен „доктор на науките“.

Дата: 08.06.2026

София

Рецензент: