

РЕЦЕНЗИЯ



върху дисертационен труд за придобиване на
образователна и научна степен „доктор“

Професионално направление:

5.3 Комуникационна и компютърна техника

Докторантска програма:

Автоматизирани системи за обработка на информацията и управление

Автор: Ас. маг. инж. Веселин Евгениев Атанасов, катедра „Електроника“, факултет „Инженерен“, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“

Тема: „Възможности за събиране и анализ на данни от биометрични и биомедицински сензори“

Рецензент: Проф. дтн Сеферин Тодоров Мирчев,
Технически университет - София

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд е в обем 114 страници и съдържа увод, 4 глави, заключение, списъци с 15 таблици, 34 фигури, използвани съкращения и 114 цитирани литературни източници. Представен е и автореферат, отразяващ съдържанието на дисертацията и постигнатите резултати.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно приложно отношение. Степен и мащаб на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

Темата на настоящата дисертация е свързана със съвременните системи за събиране, предаване, обработка, анализ и предоставяне на информация от биомедицински и биометрични сензори и приложението на такава система за своевременно получаване на медицинска информация за здравословното състояние на морски лица.

Мониторингът на здравето и свързаните с него технологии са привлекателна изследователска област. Електрокардиограмата (ЕКГ) винаги е била популярна схема за оценка и диагностика на сърдечно-съдови заболявания. Броят на системите за ЕКГ мониторинг в литературата се разширява експоненциално. Те стават интелигентни системи за наблюдение, които използват нови технологии, включително задълбочено обучение, изкуствен интелект, големи данни и интернет на нещата, за да осигурят ефективни и напълно свързани системи за наблюдение.

Актуалността на разработвания в дисертационния труд проблем и перспективността на изследванията се обуславят от следните фактори:

- Сложността и трудностите при изграждането на система за постоянно наблюдение на биомедицинските параметри на човешкото тяло, особено в области на индустрията, където достъпа до медицинска помощ са силно ограничени;
- Приложението на съвременни технологични решения като интернет на нещата и изкуствен интелект в медицината и необходимостта от предварителна обработка на медицинските данни;

- Специфичните условия на работа на морските лица и липсата на интегрирани решения за продължаваща медицинска диагностика с цел превенция.

Актуалността на дисертационния труда се обуславя и от факта, че резултатите са приложими за своевременно получаване на медицинска информация за здравословното състояние на морски лица и са свързани с изследванията на Центъра за компетентност „Квантова комуникация, интелигентни системи за сигурност и управление на риска“.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

Докторантът се е запознал и е цитирал точно голям брой литературни източници в областта на обработката и анализа на данни от биометрични и биомедицински сензори. На основата на представения литературен обзор коректно са направени шест извода.

При разработване на темата на своята дисертация, авторът демонстрира компетентност в областта на цифровата и статистическата обработка и анализа на сигналите, числените методи, математическото моделиране и експерименталните изследвания, провеждани със съвременни технически средства и програмно осигуряване, които докторантът очевидно притежава.

Всичко това показва, че докторантът е запознат със състоянието на проблема.

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

Целта на дисертационния труд е да се изследват възможностите за автоматизиране на алгоритмите за обработка на медицинска информация за здравословното състояние на морски лица. За постигане на тази цел са дефинирани пет задачи, които са адекватни на целта и са решени в необходимия обем на високо научно ниво.

Докторантът е съчетал в своята работа съвременни методи и програмни инструменти. Получените резултати са адекватни и отразяват обекта на проведеното изследване. Избраният подход съответства на изследваната проблематика. Поставените цели са изпълнени.

Докторантът показва компетентност не само в сферата на обработката на сигнали, но и в доброто познаване и умения за използване на съвременен инструментариум за научноизследователска работа, като Matlab, невронни мрежи и др.

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

В първа глава „Текущо състояние на предмета на дисертационния труд“ се извършва анализ на проблема, свързан с изследване на възможностите за автоматизиране на алгоритмите за обработка на медицинска информация за здравословното състояние на морски лица. В нея са показани основните причини за заболяване на членовете на екипажите на корабите, посочена е високата информираност от електрокардиограмата при сърдечно съдови заболявания, сравнени са методологиите при ръчно и автоматично направен анализ на P-QRS-T

комплекса на ЕКГ сигнала и са описани методите за представяне на ЕКГ сигнала от теорията на сигналите - преобразуване на Фурье, кратковременно преобразуване на Фурье, уейвлет преобразуване.

В края на първа глава са направени са шест извода, които показват актуалността на дисертационния труд, и са дефинирани пет основни задачи.

Във втора глава „*Модел на архитектура и алгоритъм на система за добиване, предаване, анализ и съхранение на данните от биомедицински и биометрични сензори*“ е представен модел на системата за добиване, обработка и съхранение на информация от различни сензори, специално проектиран за корабни платформа. Разработен е прототип на основен елемент от система – Стационарна станция. Предложен е подходящ алгоритъм на работа на прототипа и е направен избор на хардуерна платформа за реализация. Направено е сравнение между стационарната станция от предложения модел и мобилния сензорен комплект от лаборатория в Центъра за компетентност „Квантова комуникация интелигентни системи за сигурност и управление на риска“. Предложена е методика за оценка на системи, притежаващи подобна функционалност. Методиката позволява систематичен и обективен подход за оценка на изискванията към системата, като се вземат предвид специфичните условия на корабите и плаващите платформи.

В трета глава „*Обработка и автоматичен анализ на параметрите на тялото*“ са описани експерименталната постановка, методите за филтрация и входните данни, използвани за анализа. Представено е Matlab моделиране на филтрите и отстраняване на шум чрез уейвлет анализ. Целта на експеримента е да докаже възможността да се прилага изложената методология за предварителна обработка и обработка на ЕКГ сигнала, като се противопоставят два основни подхода: селектиране на оптимална обработка и обединяване на източници за повишаване на информираността при извличане на P-QRS-T комплекса.

В четвърта глава „*Верифициране на работоспособността на системата чрез емпирични данни*“ са представени експерименталните резултати.

При подхода за селектиране на оптимална обработка е представен модел за класифициране на присъствието на шум от различна морфология чрез конволюционна невронна мрежа. След успешното класифициране е необходимо определения сигнал да премине през блок за комутация и да се подаде на подходящата филтрираща технология. Когато сигналът е разпознат с основен вид шум от движение на базовата линия, се подава на дискретно уейвлет преобразуване с филтриращи свойства. Когато е разпознат като сигнал с шум от влошен контакт на електрода, се подава на филтър на Чебишел от втори вид и когато е разпознат като сигнал с шум от работата на скелетните мускули, се подава на поредица от ниско и високо честотни филтри.

Представени са резултати и при подхода за обединяване на информацията за автоматично откриване на P-QRS-T комплекса от два канала, образувани след филтрацията – чрез филтър на Чебишел от 2 вид и чрез приложени нискочестотен и високо честотен филтър. Направено е подробно сравнение на резултатите от двата подхода.

В заключението са представени обобщени изводи от научно-изследователска и експериментална работа по дисертационният труд и са посочени 3 научно-приложни и 3 приложни приноси.

Изследванията в дисертационния труд са описани коректно и получените резултати са анализирани задълбочено. Дисертационният труд е добре структуриран. Към всяка глава е направено заключение.

5. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд. Значимост на приносите за науката и практиката.

Приемам представените в дисертационния труд научно-приложни и приложни приноси, а именно:

Научно-приложни приноси:

- Предложен е модел на архитектурата и алгоритъм на работа на система за добиване, предаване и съхранение на информация от биомедицински и биометрични сензори;
- Изработена е методика за оценка на системи за добиване, предаване, съхранение на информация от биомедицински и биометрични сензори, съобразена с спецификата на приложение при корабните платформи;
- Предоставена е оценка на конкурентен принцип на предложените подходи при обработката на сигнала: интелигентно селектиране на оптимална обработка и обединяване на данни от множество канали с различни типове филтрация.

Приложни приноси:

- Анализирани са рисковете от сърдечно-съдови заболяване при работа на морските лица и интегрираните решения за автоматично извлечане на информацията от ЕКГ сигнала с цел продължаваща медицинска диагностика и превенция;
- Създаден е прототип на стационарна станция от състава от системата за добиване, предаване и съхранение на информация от биомедицински и биометрични сензори;
- Създадено е програмно осигуряване за изработването на база с данни от ЕКГ сигнали с добавени шумове от различна морфология при контролирани условия.

Научно-приложните приноси се свеждат до предложения, изследвания и анализи чрез нови методи, алгоритми, методологии и подходи, свързани със система за добиване, предаване и съхранение на информация от биомедицински и биометрични сензори, съобразена с спецификата на приложение при корабните платформи.

Приложните приноси се свеждат до конкретни изследвания с направените анализи, създадения прототип и разработеното програмно осигуряване.

Приносите на дисертационния труд имат научно-приложен и приложен характер със значимост на новост и доразвития на алгоритми, методологии и подходи и тяхното творческо прилагане за решаване на конкретни научно-приложни задачи, свързани с автоматизиране на алгоритмите за обработка на медицинска информация за здравословното състояние на морски лица. С получените резултати се обогатява теорията и практиката в областта на обработката на сигнали и се разширяват съществуващите знания.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Връзката между отделните глави на дисертационния труд, а също и специфичният стил и начин на изложение потвърждават авторството на кандидата и неговото лично участие в приносите.

Това твърдение се потвърждава от факта, че в работите преобладават изследвания в областта на използване на специализирани софтуерни приложения за математическо моделиране и изследвания, свързани с обработката на сигнали.

В дисертационния труд и в публикациите към него има получени нови резултати. Не намирам основания да се съмнявам за наличие на plagiatство, потвърждение на което е специфичния подход, получените нови резултати и тяхната публичност.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Към дисертационния труд са представени 3 публикации. Една от работата е самостоятелна, две са в съавторство с научния ръководител, като в тях докторантът е на първо място. И трите публикации са индексирани в базата данни Скопус. По две от тях има цитирания.

Докторантът има и други публикации – в Скопус общо 5, в Гугъл наука – 11. Цялата научна продукция на кандидата показва, че дисертационният труд е получил публичност пред специалистите в областта, а също че докторантът има задълбочени познания по научната специалност, може да анализира информацията и да решава актуални научни и научно-приложни задачи.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. Наличие на постигнат прям икономически ефект и пр. Документи, на които се основава твърдението.

Резултатите в дисертационния труд са добре дефинирани и обосновани. Изследванията в него са свързани с Центъра за компетентност “Квантова комуникация, интелигентни системи за сигурност и управление на риска” (QUASAR) финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“.

Считам, че резултатите от разработения дисертационен труд могат да намерят практическо приложение. Очаквам те да се използват и в учебния процес при обучение на курсанти и студенти.

Не са представени документи за конкретно приложение на резултатите в практиката и за постигнат икономически ефект.

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

Получените научно-приложни приноси са основа за усъвършенстване на методите, алгоритмите и процедурите при добиване, съхранение и обработка на информация, събрана от биомедицински и биометрични сензори. Получените резултати са полезни за бъдещи изследвания, свързани с разработване на алгоритми за обработка и анализ на данните с цел автоматично откриване на физическото състояние на хората.

10. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.

В автореферата са представени адекватно съдържанието на дисертацията, нейните цел, задачи и изводи, получените резултати и претенциите за приносите, както и списъка с публикациите по нея. Включена е и анотация на английски език.

При четене на материалите остава впечатление за компетентност на автора в областта на обработката на сигнали и IoT (интернет на медицинските неща).

11. Мнения, препоръки и бележки.

Нямам съществени бележки към дисертационния труд от гледна точка на съдържателната страна. Считам се, че не е обрнато необходимото внимание на техническото и методическото оформяне на работата. Във тази връзка имам следните препоръки и забележки:

- в бъдещата си работа докторантът да прави старателно оформяне на изложението, включително и коректури на текста;
- на доста места в текста са използвани думи и изрази на английски език, без да се преведени на български;
- цитирането на литературните източници е с името на автора и годината вместо общоприетото цитиране чрез пореден номер от списъка на използваната литература;
- отчитайки големия брой публикации, свързани с обработка на ЕКГ сигнали, включително и в нашата страна, е желателно докторантът да направи кратък коментар на публичната защита на получени резултати от други автори, свързани с темата на дисертационния труд. В тази връзка е добре да се коментират и работите на академичния състав на секцията „Обработка и анализ на биомедицински сигнали и данни“ към „Института по биофизика и биомедицинско инженерство“ при БАН;
- в бъдещата си научно-изследователска работа авторът да обърне по-сериозно внимание на публикуването на постигнатите резултати в специализирани периодични издания.

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

Темата на дисертационния труд е актуална и трудна. Резултатите са получени след проведени задълбочени изследвания и са станали достояние на научната общност. Авторът познава задълбочено изследваната област, решаваните проблеми, методите за изследване и публикуваните резултати. Подходите, методите и математическият инструментариум, използвани за решаване на поставените задачи, се отличават с адекватност и научност.

Посочените по-горе забележки са свързани главно с оформянето на дисертацията и с представяне на резултатите и не оказват влияние на отличните впечатления от работата на докторанта.

Имайки предвид гореизложеното, считам, че напълно са удовлетворени изискванията на ЗРАСРБ, на Правилника за неговото прилагане за разработване на дисертационен труд и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични и преподавателски длъжности във ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ и препоръчвам на Научното жури да присъди научната и образователна степен „**доктор**“ на **ас. маг. инж. Веселин Евгениев Атанасов** в професионално направление: 5.3 Комуникационна и компютърна техника по докторантска програма: Автоматизирани системи за обработка на информацията и управление.

10.08.2023 г.

София

Рецензент:

(Проф. дтн Сеферин Мирчев)

NIKOLA VAPTSAROV NAVAL ACADEMY

REVIEW

on a dissertation work for the acquisition
of the educational and scientific degree "**doctor**"
Professional field 5.3 Communication and Computer Engineering,
Doctoral program:
Automated information processing and management systems

Author: Assist. Prof. Mag. Eng. Veselin Egeniev Atanasov,
Department of Electronics, Faculty of Engineering, Naval Academy "Nikola. Y.
Vaptsarov"

Topic: "Capabilities for Collection and Analysis of Data from Biometric and
Biomedical Sensors"

Reviewer: Prof. Eng. Seferin Todorov Mirtchev, DSc,
Technical University of Sofia

The dissertation submitted for review is 114 pages long and contains an introduction, 4 chapters, a conclusion, lists of 15 tables, 34 figures, used abbreviations and 114 cited literature sources. An abstract reflecting the content of the dissertation and the achieved results is also presented.

1. Relevance of the problem developed in the dissertation in scientific and scientific applied terms. Degree and scale of the actuality of the problem and the specific tasks developed in the dissertation.

The topic of the present dissertation is related to modern systems for collecting, transmitting, processing, analyzing and providing information from biomedical and biometric sensors and the application of such a system for timely obtaining medical information about the health status of seafarers.

The health monitoring and related technologies are an attractive research area. The electrocardiogram (ECG) has always been a popular scheme for the evaluation and diagnosis of cardiovascular diseases. The number of ECG monitoring systems in the literature is expanding exponentially. They are becoming intelligent surveillance systems that use new technologies, including deep learning, artificial intelligence, big data and the Internet of Things, to provide efficient and fully connected surveillance systems.

The relevance of the problem developed in the dissertation and the perspective of the research are determined by the following factors:

- The complexity and difficulties in building a system for constant monitoring of the biomedical parameters of the human body, especially in areas of industry where access to medical assistance is highly limited;
- The application of modern technological solutions such as the Internet of Things and artificial intelligence in medicine and the need for pre-processing of medical data;

- The specific working conditions of seafarers and the lack of integrated solutions for ongoing medical diagnostics with the aim of prevention.

The relevance of the dissertation work is also determined by the fact that the results are applicable to timely obtaining medical information about the health status of seafarers and are related to the research of the Competence Centre "Quantum Communication, Intelligent Security Systems and Risk Management".

2. Degree of knowledge of the problem state and creative interpretation of the literary material.

The PhD student has familiarized himself with and accurately cited a large number of literature sources in the field of biometric and biomedical sensor data processing and analysis. Based on the presented literature review, six conclusions are correctly drawn.

In developing the topic of his dissertation, the author demonstrates competence in the field of digital and statistical processing and analysis of signals, numerical methods, mathematical modelling and experimental research, conducted with modern technical means and software, which the PhD student clearly possesses.

All this shows that the PhD student is familiar with the state of the problem.

3. Correspondence of the chosen research methodology with the set goal and tasks of the dissertation work.

The aim of the dissertation work is to investigate the possibilities of automating the algorithms for processing medical information about the health status of seafarers. To achieve this goal, five tasks are defined that are adequate to the goal and are solved in the necessary volume at a high scientific level.

The PhD student has combined modern methods and software tools in his work. The obtained results are adequate and reflect the object of the conducted research. The chosen approach corresponds to the investigated problem. The set goals have been met.

The PhD student shows competence not only in the field of signal processing, but also in good knowledge and skills in using modern tools for research work, such as Matlab, neural networks, etc.

4. Brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based.

In the first chapter "*Current status of the subject of the dissertation work*" an analysis of the problem related to the study of the possibilities of automating the algorithms for processing medical information about the health status of seafarers is carried out. In this chapter the main causes of illness of ship crew members are shown, the high awareness of the electrocardiogram in cardiovascular diseases is indicated, the methodologies for manual and automatic analysis of the P-QRS-T complex of the ECG signal are compared and the methods to represent the ECG signal from signal theory - Fourier transform, short-time Fourier transform, wavelet transform are described.

At the end of the first chapter, six conclusions are made, which show the relevance of the dissertation work, and five main tasks are defined.

In the second chapter "*Architecture model and algorithm of a system for extracting, transmitting, analyzing and storing data from biomedical and biometric sensors*" a model of the system for extracting, processing and preserving information from various sensors, specially designed for ship platforms, is presented. A prototype of the main element of the system - Stationary station – is developed. An appropriate working algorithm of the

prototype is proposed and a selection of hardware platforms for implementation is made. A comparison between the stationary station of the proposed model and the mobile sensor set from a laboratory in the Competence Centre "Quantum Communication Intelligent Systems for Security and Risk Management" is made. A methodology for evaluating systems with similar functionality is proposed. The methodology allows a systematic and objective approach to assessing system requirements, taking into account the specific conditions of ships and floating platforms.

In the third chapter "*Processing and automatic analysis of body parameters*" the experimental setup, the filtration methods and the input data used for the analysis are described. Matlab modelling of the filters and denoising by wavelet analysis is presented. The purpose of the experiment is to prove the possibility of applying the presented methodology for pre-processing and processing of the ECG signal, opposing two main approaches: selection of optimal processing and unification of sources to increase awareness when extracting the P-QRS-T complex.

In the fourth chapter "*Verification of the system's operability through empirical data*" the experimental results are presented.

In the optimal processing selection approach, a model for classifying the presence of noise of different morphology through a convolutional neural network is presented. After successful classification, the determined signal needs to pass through a switching block and be fed to the appropriate filtering technology. When the signal is detected with a basic type of baseline motion noise, it is fed to a discrete wavelet transform with filtering properties. When it is recognized as a noise signal from poor electrode contact, it is fed to a Chebyshev filter of the second kind, and when it is recognized as a noise signal from skeletal muscle activity, it is fed to a series of low and high-pass filters.

Results are also presented in the approach for unifying the information for automatic detection of the P-QRS-T complex from two channels formed after the filtration - through a Chebyshev filter of 2 types and through applied low- and high-pass filters. A detailed comparison of the results of the two approaches is made.

Summarized conclusions from research and experimental work on the dissertation are presented in the conclusion and 3 scientific-applied and 3 applied contributions are indicated.

The research in the dissertation is correctly described and the obtained results are thoroughly analyzed. The dissertation is well structured. A conclusion is drawn to each chapter.

5. Scientific and scientific-applied contributions of the dissertation work. Significance of contributions to science and practice.

I accept the scientific-applied and applied contributions presented in the dissertation work, namely:

Scientific-applied contributions:

- A model of the architecture and algorithm of operation of a system for extracting, transmitting and storing information from biomedical and biometric sensors is proposed;
- A methodology for the evaluation of systems for extracting, transmitting, and storing information from biomedical and biometric sensors, tailored to the specifics of application on ship platforms is developed;
- A competitive evaluation of the proposed approaches in signal processing is provided: intelligent selection of optimal processing and merging of data from multiple channels with different types of filtration.

Applied Contributions:

- The risks of cardiovascular disease during the work of seafarers and the integrated solutions for automatic extraction of the information from the ECG signal for the purpose of ongoing medical diagnosis and prevention are analyzed;
- A prototype of a stationary station from the composition of the system for extracting, transmitting and storing information from biomedical and biometric sensors is created;
- Software for the development of a database of ECG signals with added noises of different morphology under controlled conditions is created.

The scientific-applied contributions are reduced to proposals, research and analysis through new methods, algorithms, methodologies and approaches related to a system for extracting, transmitting and storing information from biomedical and biometric sensors, tailored to the specifics of application on ship platforms.

The applied contributions are reduced to specific research with the performed analyzes, the created prototype and the developed software.

The contributions of the dissertation work have a scientific-applied and applied nature with the significance of novelty and further developments of algorithms, methodologies and approaches and their creative application for solving specific scientific-applied tasks related to the automation of algorithms for processing medical information about health condition of marine persons. The obtained results enrich the theory and practice in the field of signal processing and expand the existing knowledge.

6. Evaluation of the degree of personal participation of the doctoral student in the contributions.

The relationship between the individual chapters of the dissertation, as well as the specific style and manner of presentation, confirm the authorship of the candidate and his personal involvement in the contributions.

This statement is supported by the fact that the works are dominated by research in the field of using specialized software applications for mathematical modelling and research related to signal processing.

In the dissertation work and in the publications to him there are new results obtained. I find no reason to doubt the presence of plagiarism, which is confirmed by the specific approach, the new results obtained and their publicity.

7. Evaluation of publications on the dissertation work.

Three publications are submitted to the dissertation work. One of the works is independent, two are co-authored with the supervisor, in which the doctoral student is in first place. All three publications are indexed in the Scopus database. There are citations for two of them.

The doctoral student also has other publications - in Scopus in total 5, in Google Science - 11. The entire scientific production of the candidate shows that the dissertation work has received publicity before specialists in the field, and also that the doctoral student has in-depth knowledge of the scientific specialty, can analyze information and solve current scientific and scientific-applied tasks.

8. Using the results of the dissertation work in scientific and social practice. Existence of achieved direct economic effect, etc. Documents on which the claim is based.

The results in the dissertation work are well defined and substantiated. The research in it is related to the Centre of Competence "Quantum Communication, Intelligent Security

Systems and Risk Management" (QUASAR) funded by the Operational Program "Science and Education for Smart Growth".

I believe that the results of the developed dissertation should find practical application. I expect that they will also be used in the learning process when training cadets and students.

No documents for specific application of the results in practice and for the achieved economic effect are presented.

9. Reasoned recommendations for future use of scientific and scientific-applied contributions.

The received scientific-applied contributions are a basis for improving the methods, algorithms and procedures for extracting, storing and processing information collected from biomedical and biometric sensors. The obtained results are useful for future research related to the development of algorithms for data processing and analysis in order to automatically detect the physical condition of people.

10. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work.

In the abstract the content of the dissertation, its purpose, tasks and conclusions, the obtained results and the claims for contributions are adequately presented, as well as the list of publications on it. Annotation in English is also included.

In reading the materials I have leaved with an impression of the author's competence in signal processing and IoMT (Internet of Medical Things).

11. Opinions, recommendations and notes.

I have no significant comments on the dissertation work from the point of view of content. It is considered that the necessary attention is not paid to the technical and methodical design of the work. In this regard, I have the following recommendations and remarks:

- in his future work, the doctoral student should carefully shape the statement, including corrections of the text;
- in many places in the text words and expressions are used in English without being translated into Bulgarian;
- the citation of the literary sources is with the name of the author and the year instead of the generally accepted citation by a sequential number from the list of the literature used;
- taking into account the large number of publications related to the processing of ECG signals, including in our country, it is desirable the doctoral student to make a short statement of received results from other authors, related to the topic of the dissertation work, in the public defence. In this regard, it is good to comment on the work of the academic staff of the "Processing and Analysis of Biomedical Signals and Data" section at the "Institute of Biophysics and Biomedical Engineering" at the BAS;
- in his future research work, the author should pay more serious attention to the publication of the achieved results in specialized periodicals.

12. Conclusion with a clear opinion whether or not to grant a scientific degree.

The topic of the dissertation is current and difficult. The results are obtained after extensive research and have become available to the scientific community. The author has a

thorough knowledge of the researched area, the solved problems, the research methods and the published results. The approaches, methods and mathematical tools used to solve the tasks are distinguished by adequacy and scientificity.

The above-mentioned remarks are mainly related to the design of the dissertation and the presentation of the results and do not affect the excellent impressions of the doctoral student's work.

Bearing in mind the above, I consider that the requirements of ZRASRB, of the Regulations for its application for the development of a dissertation and of the Regulations for the terms and conditions for acquiring scientific degrees and occupying academic and teaching positions at the Nikola Vaptsarov Naval Academy are fully satisfied and I recommend to the Scientific Jury to award the scientific and educational degree "**Doctor**" to **Assist. Prof. Mag. Eng. Veselin Evgeniev Atanasov** in professional field:

5.3 Communication and computer engineering on doctoral program: Automated systems for information processing and management.

August 10, 2023.

Reviewer:

/Prof. D.Sc. Seferin Mirtchev/