

- Използването на нискобюджетни сензори и устройства с ограничени ресурси, за реализацията на интелигентни сензорни системи. Това би позволило получаването на големи масиви данни с висока времева и пространствена разделителна способност на приемлива цена.
- Повишаване на точността на нискобюджетните сензори, при продължителен период на експлоатация, чрез периодично калибриране в мрежова среда;
- Все по-широко приложение на мобилни сензорни системи и системи с автономна навигация, които да се използват за картографиране на нивата на основни замърсители, за създаване на т.нар. шумови карти, за локализиране на източници на замърсяване и др.

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

В резултат на направения анализ и изводите, относно съвременното състояние на изследванията в областта на дисертационния труд, е дефинирана основната му цел: Изследване и синтез на нови подходи, методи и алгоритми за повишаване на качеството на данни от нискобюджетни сензорни системи и IoT устройства за мониторинг на основни параметри на въздушна среда, питейни води, почва и шумови замърсявания в урбанизирани среди.

Дефинирани са седем задачи за изпълнение, които кореспондират с поставената цел. От цялостното изложение ясно проличава системният подход при решаване на конкретните задачи, включващ:

- теоретичен анализ, базиран на коректен математически апарат за обосноваване на последващите практически реализации и анализа на получените резултати;

- комбинация от симулации с виртуални инструменти, предимно базирани на LabView, последвани от експериментални изследвания с опитни образци. Тъй като в основната си част представените реализации са елементи от измервателна апаратура, коректността на предложените решения е потвърдена с голям брой лабораторни и теренни тестове.

- анализ на точността на получените резултати, чрез статистически методи, и сравнения с аналогични измервания със сертифицирана измервателна апаратура;

- оптимизация на практическите реализации и разработените алгоритми.

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

Описанието на дейностите свързани с изпълнението на формулираните задачи обхваща 5 глави от дисертационния труд. В началото авторът разглежда подробно методи и подходи за оценка и повишаване на точността



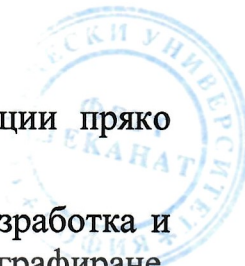
на сензорни данни. След теоретична обосновка, включваща: стохастични методи; калибриране и особености при мрежови приложения; линеаризация и апроксимация на предавателни характеристики; сливане на сензорни данни; машинно обучение, са представени конкретни реализации на интелигентни сензорни системи и синтезирани алгоритми за обработка на данни. Конкретни и пряко свързано с целта на дисертационния труд са тези за измерване на фини прахови частици. Включени са и допълнителни реализации за измерване на атмосферно налягане, както и приложения за прогнозиране на облачно покритие чрез обработка с обучени невронни мрежи с изображения от камери. Брой публикации пряко свързани с този раздел – 29.

В следващ раздел от дисертацията са представени разработки на мултисензорни системи за мониторинг на качеството на въздуха. Разгледани са варианти с приложения в урбанизирана среда и в закрити помещения. При измерванията на открито акцентът е върху мобилните системи, позволяващи картографиране на замърсяването с фини прахови частици, включително и във височина с използването на дрон. В резултат на измерванията на закрито е представена разработка на преносим пречиствател на въздух. Брой публикации пряко свързани с този раздел – 11.

Отделна глава от дисертационния труд е посветена на разработка и реализация на сензорни системи за мониторинг на вода и почва. Обобщени и представени са по-важните замърсители на водата. Разработен е виртуален колориметър и е предложена виртуална система за анализ на вода чрез колориметричен метод. Като пример, чрез въведената методика се определя концентрацията на свободен хлор във водата. Имайки предвид ролята на дистанционното наблюдение като източник на ценна и точна информация, за различни дейности в селското стопанство, е проектирана и реализирана система за измерване на влажност на почва. Системата използва нискобюджетни сензори, като с цел подобряване на качеството на измерванията се препоръчва периодичното им калибриране. Брой публикации пряко свързани с този раздел – 6.

Обект на изследване в следваща глава от дисертационния труд са разработки и реализации на сензорни системи за мониторинг на шум и вибрации. Реализирана и експериментирана е интелигентна сензорна система за мониторинг на шум, която е тествана на различни транспортни средства, както и на гари и спирки на обществения транспорт. В среда LabVIEW е синтезирана виртуална система за определяне в урбанизирани среди на звукови показатели. Системата позволява както регистриране на акустични параметри, за количествено определяне на шума, така и допълнителни данни за психоакустични величини, които пряко се отнасят до човешкото възприятие на звука. В тази част са представени данни за оценка на състоянието на асансьор на базата на измерени вибрации. Резултатите съм приел за информация, без анализ на достоверност, тъй като смятам, че нямат





пряко отношение към екологичния мониторинг. Брой публикации пряко свързани с този раздел – 14.

Последната глава от дисертационния труд е посветена на разработка и експериментиране на сензорни системи за локализация и картографиране. Представени са различни подходи за едновременна локализация на обекти и картографиране на зони както на открито, така и на закрито. Използвани са различни типове сензори, програмна среда MapLab, невронни мрежи за бърза локация на обекти, включително с БЛА. Брой публикации пряко свързани с този раздел – 13.

#### **5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд**

Авторските претенции за значимостта на постигнатите резултати в дисертационния труд са формулирани в две групи приноси, научни и научно-приложни. Преобладават приложните, което кореспондира пряко с броя на практически реализации и експериментални изследвания. Като значими научни приноси могат да бъдат откритите изследванията свързани със създаване на нови методи и подходи за повишаване на точността на измерване на величини при мониторинг на екологични параметри. Към тях спадат предложените алгоритми и подходи за:

1. Линеино апроксимиране на сензорни характеристики, представляващи диференцируеми функции с постоянен знак на кривината;
2. Подход за полигонална апроксимация на несамопресичащи се сензорни предавателни функции, зададени в точков или аналитичен вид;
3. Стохастичен подход за оценка на шумови параметри на сензори.

Научно приложните приноси могат да бъдат класифицирани като създаване на нови конструкции и технологии, приложими при екологичен мониторинг. В тази група попадат:

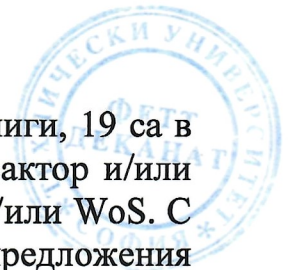
1. Разработените и верифицирани интелигентни сензорни системи за мониторинг на параметри на въздух, питейна вода, почва и шум във варианти за измервания на открито и закрито, както и стационарни и мобилни.
2. Подходите за сливане на сензорни данни и базираните на тях сензорни системи, използващи вградено машинно обучение.
3. Сензорните системи за едновременна локализация и картографиране.

Имайки предвид авторския колектив на публикациите, както и на база личните ми впечатления за кандидата от участията му в национални и международни научни форуми смятам, че формулираните приноси коректно отразяват значителният му дял в постигнатите резултати.

#### **6. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

Общият брой публикации е 64, от които 49 са в реферирани и индексирани в световно известни бази данни с научна информация, а 15 са в не реферирани списания и конференции с научно рецензиране. Четири от публикациите са самостоятелни, като три са в български списания и една е на международна конференция. Останалите 60 публикации са в съавторство и включват: един учебник, 40 са представени на международни конференции,





от които 32 са реферирани в Scopus и/или WoS, 5 са глави от книги, 19 са в списания, от които 12 са в международни списания с импакт фактор и/или импакт ранг, реферирани и индексирани в базите данни Scopus и/или WoS. С оглед анализ и оценка на получената публичност на предложения дисертационен труд, може да се отбележи, че към Октомври 2023 в Scopus са забелязани 277 цитирания (без автоцитати).

Публикационната дейност оценена според критериите за придобиване на научна степен „Доктор на науките“ показват значително превишаване на минималните изисквания.

#### **7. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.**

Представен е списък за участие в 11 научноизследователски проекта, от които 1 в индустрията, 3 – международни; 2 – с национално финансиране и 5 – с финансиране от НИС на ТУ-София. Не са представени данни за наличие на пряк икономически ефект.

#### **8. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията**

Авторефератът е в обем от 69 страници и отразява изчерпателно и достоверно съдържанието на отделните части на дисертационния труд, както и приносите на автора. При оформянето му са спазени изискванията в съответствие с образеца за изготвяне на авторефератите по дисертационни трудове.

#### **9. Мнения, препоръки и забележки.**

Имах възможност да изготвя предварително становище при представянето на дисертационния труд и в последния му вариант потвърждавам, че по-голямата част от препоръките и забележките са взети предвид. Единствената ми препоръка е, при калибриране на сензори с голям обхват, където е необходимо прецизно отчитане на разликите между еталон и тестван образец, да се работи с абсолютна грешка, а не с относителна.

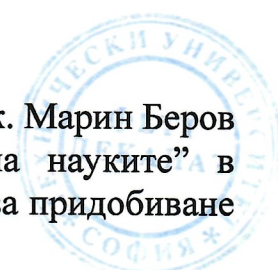
#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Представеният дисертационен труд е безспорно актуален, насочен към решаване на редица проблеми свързани с методи, подходи, и конкретни реализации за екологичен мониторинг, базиран на интелигентни сензори и сензорни системи. Обемът на извършената работа надхвърля многократно изискуемият минимум за такъв дисертационен труд. Подходът за решаване на дефинираните задачи е с висока наукометрична стойност и с доказан научно-приложен характер. Авторът е демонстрирал висок потенциал и опит при теоретичния и експерименталния анализ, както и при практическата реализация на опитните постановки. Публикационната дейност намирам за напълно достатъчна, за популяризиране на постигнатите резултати, а продължаващите през последните години цитирания на отделни трудове, е доказателство за актуалността и значимостта им.



ФЕТТ 75 - НС2 - 066

Подкрепям дисертационния труд и предлагам на проф. д-р инж. Марин Беров Маринов да бъде присъдена научната степен „Доктор на науките” в съответствие със ЗРАСРБ и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ-София.



27.03.2024 г.

Изготвил:

(п)



/проф. д-р Иво Илиев/





DET75-HC2-066

## REVIEW

of a dissertation to acquire the acquisition of an educational and scientific degree  
"Doctor of Science"



Author of the dissertation: Prof. Eng. Marin Berov Marinov, PhD

Dissertation topic: "Intelligent Sensors Systems for Ecological Monitoring"

Member of the scientific jury: Prof. DSc Eng. Ivo Tsvetanov Iliev

### **1. Relevance of the problem developed in the dissertation work in scientific and applied scientific terms.**

Environmental monitoring aimed at establishing the presence of various pollutants and their concentrations is an area of increasing importance, especially with regard to substances and processes that are risky for human health. It is essential to develop multi-parameter monitoring systems based on effective methods and highly sensitive tools, both for precise measurement of pollutant concentrations and potentially dangerous, impacting side factors (noise, mechanical, radiation, etc.). The research in the dissertation work is aimed specifically at: (1) - possibilities to improve the sensitivity and selectivity of sensors by using modern methods such as machine learning and artificial intelligence; (2) - approaches for the organization of large-scale multiparametric sensor networks for monitoring environmental parameters.

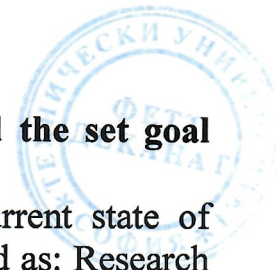
### **2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material.**

The overview part represents a thorough literature study and testifies to a creative interpretation of the achieved results and directions for future development in the subject area of the dissertation work. Emphasis is placed on surveying the quality of air, water, soil, as well as problems related to vibrations and noise. The analysis in these four directions includes familiarization with the normative base (standards and directives) for quality assessment; measurement methods; sensor types, measurement units, analysis of existing implementations, directions for future development. A total of 420 literary sources are cited, the majority of which are from the last ten years. All sources are cited at the appropriate place in the text and adequately support the author's theses.

At the end of the review chapter, conclusions are drawn regarding:

- The use of low-budget sensors and devices with limited resources, for the implementation of intelligent sensor systems. This would allow obtaining large datasets with high temporal and spatial resolution at an affordable cost.
- Increasing the accuracy of low-budget sensors, during a long period of operation, through periodic calibration in a network environment;
- Increasing use of mobile sensor systems and systems with autonomous navigation to be used to map the levels of major pollutants, to create so-called noise maps, to locate sources of pollution, etc.





### **3. Correspondence of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation with the contributions achieved.**

As a result of the analysis and conclusions, regarding the current state of research in the field of the dissertation work, its main goal is defined as: Research and synthesis of new approaches, methods and algorithms for increasing the quality of data from low-budget sensor systems and IoT devices for measurement of basic parameters of air environment, drinking water, soil and noise pollution in urbanized environments. Seven tasks have been defined that correspond to the set goal.

The overall presentation clearly shows the systematic approach to solving the specific tasks, including:

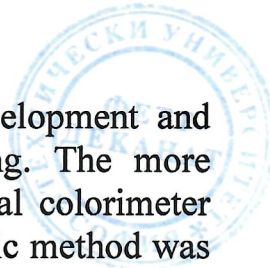
- Theoretical analysis based on a correct mathematical apparatus to substantiate the subsequent practical implementations and comment on the results obtained;
- Combination of simulations with virtual instruments, mostly based on LabView, followed by experimental studies with experimental samples. Since, in the main part, the implementations presented are elements of measuring equipment, the correctness of the proposed solutions has been confirmed with a large number of laboratory and field (in situ) tests.
- Analysis of the accuracy of the obtained results, using statistical methods, and comparisons with similar measurements with certified measuring equipment;
- Optimization of practical implementations and developed algorithms.

### **4. An analytical description of the content and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based**

The description of the activities related to the implementation of the formulated tasks covers 5 chapters of the dissertation work. At the beginning, the author examines in detail methods and approaches for evaluating and increasing the accuracy of sensor data. After a theoretical background including: stochastic methods; calibration and features in network applications; linearization and approximation of transmission characteristics; sensor data fusion; machine learning, specific implementations of intelligent sensor systems and synthesized data processing algorithms are presented. Additional implementations for pressure measurement and applications of cloud cover prediction algorithms using neural networks trained with camera images are also included. Number of publications directly related to this section – 29.

In the next section of the dissertation, developments of multi-sensor systems for air quality monitoring are presented. Variants with application in an urbanized environment and indoors are considered. In outdoor measurements, emphasis is placed on mobile systems enabling mapping of fine particulate matter pollution, including vertically in height using a drone. As a result of indoor measurements, the development of a portable air purifier is presented. Number of publications directly related to this section – 11.





A separate chapter of the dissertation is dedicated to the development and implementation of sensor systems for water and soil monitoring. The more important water pollutants are summarized and presented. A virtual colorimeter was developed and a virtual system for water analysis by colorimetric method was proposed. As an example, the introduced methodology determines the concentration of free chlorine in water. A soil moisture measurement system was designed and implemented considering the role of remote sensing as a source of valuable and accurate information for various activities in agriculture. The system uses low-budget sensors, and in order to improve the quality of the measurements, their periodic calibration is recommended. Number of publications directly related to this section.

The object of research in the next chapter of the dissertation is the development and implementation of sensor systems for noise and vibration monitoring. An intelligent noise monitoring sensor system has been implemented and tested on various means of transport, as well as at stations and public transport stops. A virtual system for determining sound indicators in urbanized environments has been synthesized using LabVIEW. The system allows both the recording of acoustic parameters, for noise quantification, and data on psychoacoustic quantities that directly relate to the human perception of sound.

Data in assessing the condition of an elevator based on measured vibrations are also included in this part. I have accepted the results for information, without reliability analysis, as I believe they have no direct relevance to environmental monitoring. Number of publications directly related to this section – 14.

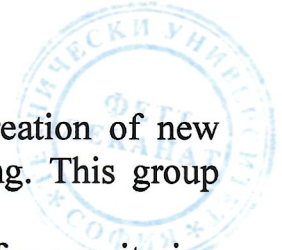
The last chapter of the dissertation is devoted to the development and experimentation of sensor systems for localization and mapping. Various approaches are presented for simultaneous object localization and area mapping both outdoors and indoors. Various types of sensors, MapLab programming environment, neural networks for fast location of objects, including UAVs, were used. Number of publications directly related to this section – 13.

### **5. Scientific and/or applied scientific contributions of the dissertation work**

The author's claims for the significance of the achieved results in the dissertation work are formulated in two groups of contributions, scientific and scientific-applied. Applied ones prevail, which corresponds directly to the number of practical implementations and experimental studies. Research related to the creation of new methods and approaches to increase the accuracy of measuring quantities in monitoring environmental parameters can be highlighted as significant scientific contributions. These include the proposed algorithms and approaches for:

1. Linear approximation of sensory characteristics representing differentiable functions with a constant sign of the curvature;
2. Approach for polygonal approximation of non-self-intersecting sensor transfer functions set in point or analytical form;
3. Stochastic approach to estimate noise parameters of sensors.





Scientifically applied contributions can be classified as the creation of new structures and technologies applicable to environmental monitoring. This group includes:

1. The developed and verified intelligent sensor systems for monitoring parameters of air, drinking water, soil and noise in options for outdoor and indoor measurements, as well as stationary and mobile.
2. Sensor data fusion approaches and sensor systems based on them using embedded machine learning.
3. Sensor systems for simultaneous localization and mapping.

Bearing in mind the authorial team of the publications, as well as based on my personal impressions of the candidate from his participation in national and international scientific forums, I believe that the formulated contributions correctly reflect his significant share in the achieved results.

#### **6. Assessment of dissertation publications**

The total number of publications is 64, of which 49 are in refereed and indexed in world-renowned databases of scientific information, and 15 are in non-refereed journals and conferences with scientific review. Four of the publications are independent, three are in Bulgarian journals and one is at an international conference. The remaining 60 publications are co-authored and include: one textbook, 40 presented at international conferences, of which 32 are referenced in Scopus and/or WoS, 5 are book chapters, 19 are in journals, of which 12 are in international journals with impact factor and/or impact rank, referenced and indexed in Scopus and/or WoS databases. In view of the analysis and evaluation of the received publicity of the proposed dissertation work, it can be noted that as of October 2023, 277 citations (without self-citations) were noticed in Scopus.

The publication activity evaluated according to the criteria for obtaining the scientific degree "Doctor of Sciences" show a significant excess of the minimum requirements.

#### **7. Using the results of the dissertation work in scientific and social practice**

A list for participation in 11 scientific research projects is presented, of which 1 in industry, 3 – international; 2 – with national funding and 5 – with funding from the NIS of TU-Sofia. No data on the existence of a direct economic effect are presented.

#### **8. Evaluation of the compliance of the abstract with the requirements**

The abstract has a volume of 69 pages and comprehensively and faithfully reflects the content of the individual parts of the dissertation, as well as the author's contributions. When creating it, the requirements were met in accordance with the template for the preparation of abstracts for dissertation works.

#### **9. Opinions, recommendations and remarks**

I had the opportunity to prepare a preliminary opinion during the presentation of the dissertation work, and in its final version I confirm that most of the



ФЕТТ 75-НС2-066

recommendations and remarks have been taken into account. My only recommendation is that when calibrating long-range sensors, where precise measurement of differences between reference and test specimen is required, use with absolute error rather than relative error.

### CONCLUSION

The presented dissertation work is undeniably up-to-date, aimed at solving a number of problems related to methods, approaches, and specific implementations for environmental monitoring based on intelligent sensors and sensor systems. The amount of work performed is many times more than the required minimum for such a dissertation work. The approach to solving the defined tasks has a high scientometric value and a proven scientific-applied character. The author has demonstrated high potential and experience in the theoretical and experimental analysis, as well as in the practical implementation of the experimental setups. I find the publication activity to be completely sufficient for popularizing the achieved results, and the continued citations of individual works in recent years is proof of their relevance and importance.

I support the dissertation work and propose that Prof. Eng. Marin Berov Marinov to be awarded the scientific degree "Doctor of Sciences" in accordance with the Regulations for the conditions and procedures for acquiring scientific degrees at TU-Sofia.

Data: 27 March 2024

Prof. Ivo Iliev (n)

