



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ в област на висше образование „Технически науки“, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност “Електронизация”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Димитър Илиев Илиев, докторантско училище, Факултет за германско инженерно обучение и промишлен мениджмънт, Технически университет – София

Тема на дисертационния труд: „Методи и средства за оптимизиране на производителността на вградени системи за разпознаване на електронни отпадъци“

Рецензент: доц. д-р инж. Борислав Ганев, ФЕТТ, Технически Университет - София.

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

Темата на предложения дисертационен труд се фокусира върху актуалното състояние на проблема с излязлото от употреба електронно и електрическо оборудване. Темата е важна и актуална, не само заради интердисциплинарния си характер, но и поради значимостта си за области, с актуални за решаване проблеми в последните години. Работата е посветена на разработването на вградени системи за разпознаване на излязло от употреба електронно оборудване, както и на разработката на методи и инструменти за оценка ефективността на подобни системи. Този процес е важен при рециклирането на изхвърлената електронна апаратура, която е сериозен проблем от гледна точка на замърсяването на околната среда.

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

Докторантът разработва нов метод за сортиране на излязло от употреба електронно оборудване, използвайки съвременни технологии като софтуер за разпознаване на изображения и конволюционни невронни мрежи. Допълнително, предложеното решение включва хардуер, който може да се захранва от алтернативни източници на енергия.

Литературното проучване обхваща подробен анализ на съществуващите методи и средства, които се използват за сортиране на рециклируеми



материали. Въз основа на този анализ се обосновава необходимостта от разработването на нов метод, който да подобри точността и ефективността на процеса на разпознаване и сортиране на рециклируеми материали. Методът е особено подходящ за използване в отдалечени райони.

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

Представените изследвания, са логически структурирани и надграждат предишни разработки. Създаден е прототип, който включва микроконтролер, камера и LCD дисплей. Освен оценка на ефективността на детекцията, е направен и анализ на енергийното потребление на системата. Особено внимание е отделено на базата данни, използвана за обучение на невронните мрежи, както и за тестване на устройството.

Получените експериментални резултати са адекватна верификация на предложените решения. Те напълно съответстват с поставените цел и задачи.

Авторът на дисертационния труд е формулирал цел и задачи, които са актуални и съответстват на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“.

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

Дисертацията се състои от 127 страници, 6 глави, 5 публикации и има включени 146 литературни източника.

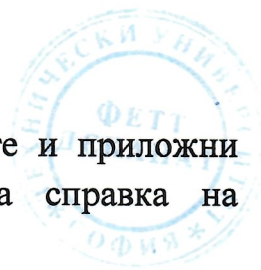
В първа глава е извършено задълбочено литературно проучване на глобалния проблем с излязлото от употреба електронно и електрическо оборудване.

Във втора глава е показана разработката на система за разпознаване на излязлото от употреба електронно и електрическо оборудване. Показани са основните етапи разработката на хардуерната и софтуерната част на разработваната система, както и моделите с които е обучена.

В трета глава е направен анализ на производителността на разработената система. Изследвани са резултатите от работата на системата. Изследвани са по отношение: точност на детекция, забавяне, използвана памет и консумирана енергия.

В четвърта глава е разгледана базата с данни за обучение на разработваната система.

В Пета глава е показана оптимизация на методите за разпознаване, като е направено и сравнение спрямо резултатите получени в глава 3.



Следва заключение и формулиране на научно-приложните и приложни приноси на дисертационния труд, както и библиографска справка на използваната литература.

5. Научни и/или научноприложни и приложни приноси на дисертационния труд

Приносите на дисертационния труд може да се разделят на научно-приложни и приложни.

Научно-приложните приноси са:

5.1.1. Извършен е подробен анализ на глобалния проблем с електронните отпадъци и неговите основни причинители.

5.1.2. Извършен е подробен анализ на текущото състояние на съвременните системи за електронно сортиране на излязла от употреба електронна апаратура.

5.1.3. Създадена е най-голямата и разнообразна база от данни за откриване на електронни отпадъци. Базата данни е структурирана с помощта на UNU-KEYS класификацията.

Приложните приноси са:

5.2.1. Разработена е и е оптимизирана вградена система за разпознаване на електронни отпадъци, използваща принципа на модел за ограничено откриване на обекти, FOMO.

5.2.2. Разработена е приложна програма за измерване на ефективността на класификацията на електронни отпадъци.

5.2.3. Разработена е вградена система за разпознаване на електронни отпадъци, базирана на Arduino Nano 33 BLE Sense.

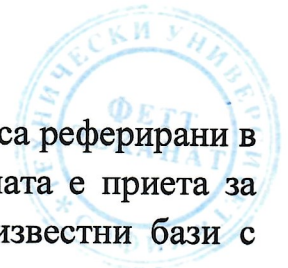
5.2.4. Обобщено е влиянието на класът бази данни, разделителната способност на изображението, броят на циклите на обучение и скоростта на обучение върху ефективността на модела FOMO.

Считам, че получените резултати са оригинални и съответстват на изискванията за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“.

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

Според даденият за рецензиране научен труд и направените по него публикации, считам че приносите в него са предимно лично дело на дисертанта, под ръководството на неговия ръководител.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.



По дисертацията са представени 6 публикации. Три от тях са реферирани в scopus, две са на годишната конференция на FDIBA, последната е приета за печат и най-вероятно ще бъде също реферирана в световноизвестни бази с данни. Две от публикациите са самостоятелни, останалите са в съавторство с научния ръководител.

Резултатите от публикационна дейност надвишават изискванията от правилника на ТУ- София, за присъждане на образователната и научна степен „доктор“.

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

Получените резултати от дисертационния труд са пряко приложими при разработката и оценката ефективността на подобни системи за разпознаване на електронни отпадъци. Разработените методи и алгоритми биха били полезни и при реализирането на системи за разпознаване на обекти, приложими в други сфери на науката и техниката.

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

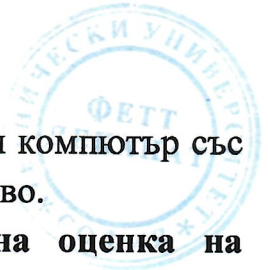
Представеният автореферат е с обем 32 страници и съответства на съдържанието на дисертационния труд, като предоставя точна и последователна картина на основните раздели и теми, разгледани в дисертацията. В началото на автореферата е включена обща характеристика на дисертационния труд, която засяга не само структурата на труда, но и обосновава актуалността на разглеждания научен проблем. След това са изложени целите и задачите на дисертацията, както и методологичната основа, на която се базират изследванията и изводите на автора, подчертавайки новостта и значимостта на неговия труд. Авторефератът завършва с приложен списък на публикациите, свързани с основните теми от дисертационния труд, както и кратка анотация на английски език.

Оценката ми за автореферата е, че той отговаря на общоприетите изисквания и отразява вярно съдържанието и приносите на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки

Добре е в приложения към труда да се покажат пълните принципни схеми на разработваната вградена система.

За някои от показаните електронни устройства за разпознаване е добре обучението да бъде извършено и със снимки на устройството във вида в който



най-вероятно ще бъде при получаването му - в случая преносим компютър със затворен екран (фиг. 5-2 ÷ 5-6) и най-вероятно изгасено устройство.

11. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд

Считам, че получените от маг. инж. Димитър Илиев Илиев резултати са оригинални и напълно съответстват на изискванията за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“. Разработките в дисертацията са описани компетентно и в необходимата пълнота, изводите и заключенията са добре построени и аргументирани. Докторантът е покрил минималните изисквания на ТУ-София.

Получените в дисертационния труд научно-приложни и приложни приноси, демонстрираните високо образователно ниво и натрупан теоретически и изследователски опит с постигнати и практически резултати в една актуална научна област, ми дават достатъчни основания убедено да препоръчам на уважаемото жури да присъди на маг. инж. Димитър Илиев Илиев образователната и научна степен „Доктор“ в областта на висше образование „Технически науки“, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност “Електронизация”.

Дата : 15.10.2024 г.
гр. София.

РЕЦЕНЗЕНТ :

(н)

(доц. д-р инж. Борислав Ганев)





REVIEW

of the PhD thesis for the acquisition of PhD educational and scientific degree.

Author of the PhD thesis: Eng. Dimitar Iliev Iliev, Faculty of German Engineering Education and Industrial Management, Technical University of Sofia

Topic of the PhD thesis: "Methods and Tools for Optimizing the Performance of Embedded Systems for Recognizing Electronic Waste"

Reviewer: Borislav Ganev, Assoc. Prof. PhD. Eng., Faculty of Electrical Engineering and Technology, Technical University of Sofia.

1. Relevance of the problem addressed in the PhD thesis, in scientific and applied-scientific terms

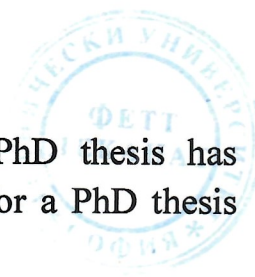
The PhD thesis focuses on the current issue of out-of-use electronic and electrical equipment. The topic is important and relevant, not only due to its interdisciplinary nature but also because of its significance in addressing problems that have emerged in recent years. The work is dedicated to the development of embedded systems for recognizing out-of-use electronic equipment and creating methods and tools for assessing the efficiency of such systems. This process is crucial in recycling discarded electronic devices, which represent a significant environmental pollution problem.

2. Degree of knowledge of the problem and creative interpretation of the literature

The doctoral candidate has developed a new method for recognizing out-of-use electronic equipment using modern technologies such as image recognition software and convolutional neural networks. The proposed solution also includes hardware that can be powered by alternative energy sources. The literature review covers a detailed analysis of existing methods and tools used for sorting recyclable materials. Based on this analysis, the need for a new method that improves the accuracy and efficiency of the recognition and sorting process is substantiated. The method is particularly suitable for use in remote areas.

3. Compliance of the chosen research methodology with the objectives and tasks of the PhD thesis

The presented research is logically structured and builds upon previous developments. A prototype has been created, which includes a microcontroller, camera, and LCD display. Besides evaluating detection efficiency, an analysis of the system's energy consumption has been conducted. Special attention has been paid to the database used to train the neural networks and test the device. The experimental results obtained provide adequate verification of the proposed solutions, fully



aligning with the set objectives and tasks. The author of the PhD thesis has formulated goals and tasks that are both relevant and appropriate for a PhD thesis seeking to obtain a "Doctor" degree.

4. Brief analytical characteristics of the material and evaluation of the reliability of the data supporting the contributions of the PhD thesis

The PhD thesis consists of 127 pages, 6 chapters, 5 publications, and includes 146 literature sources.

The first chapter presents an in-depth literature review of the global problem of out-of-use electronic and electrical equipment.

The second chapter shows the development of a system for recognizing out-of-use electronic and electrical equipment, outlining the main stages of hardware and software development for the system and the models it was trained on.

The third chapter analyses the system's performance. The results are examined in terms of detection accuracy, latency, memory usage and energy consumption.

The fourth chapter discusses the database used for training the system.

The fifth chapter presents the optimization of recognition methods and compares the results obtained in previous chapters.

The PhD thesis concludes with a summary of the scientific and applied contributions, as well as a bibliographic reference list.

5. Scientific and applied contributions of the PhD thesis

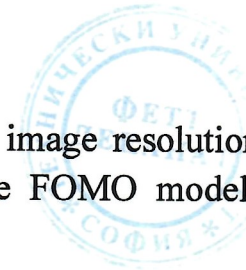
The contributions of the PhD thesis can be divided into scientific-applied and applied contributions.

Scientific-applied contributions:

- A detailed analysis of the global problem of electronic waste and its main causes.
- A comprehensive analysis of the current state of modern systems for electronic sorting of discarded electronic equipment.
- The creation of the largest and most diverse database for detecting electronic waste, structured using the UNU-KEYS classification.

Applied contributions:

- Development and optimization of an embedded system for recognizing electronic waste using the FOMO model for limited object detection.
- Development of an application for measuring the efficiency of electronic waste classification.
- Creation of an embedded system for recognizing electronic waste based on Arduino Nano 33 BLE Sense.



- Generalization of the influence of the database class, image resolution, number of training cycles, and training speed on the FOMO model's efficiency.

The results obtained are original and meet the requirements for a PhD thesis to obtain a PhD degree.

6. Evaluation of the PhD student personal contribution

Based on the scientific work under review and the publications related to it, I believe that the contributions are primarily the personal work of the PhD student, under the guidance of his supervisor.

7. Evaluation of the publications related to the PhD thesis

Six publications are presented in context with the PhD thesis. Three of them are indexed in Scopus, two were presented at the annual FDIBA conference, and the final one has been accepted for publication and is likely to be indexed in globally recognized scientific databases. Two of the publications are individual, while the others are co-authored with the supervisor.

The publications exceed the requirements of the Technical University of Sofia for obtaining PhD degree.

8. Use of the PhD thesis results in scientific and social practice

The results of the PhD thesis are directly applicable to the development and evaluation of similar systems for recognizing electronic waste. The developed methods and algorithms would also be useful for implementing object recognition systems in other areas of science and technology.

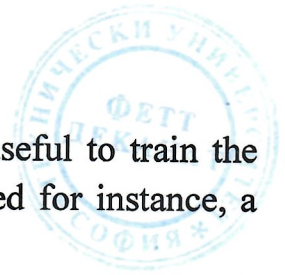
9. Evaluation of the abstract's compliance with the requirements and its reflection of the PhD thesis main points

The presented abstract is 32 pages long and corresponds to the content of the PhD thesis, providing an accurate and coherent overview of the main sections and topics discussed in the thesis. The abstract includes a general description of the PhD thesis structure, justifying the relevance of the scientific problem. The objectives and tasks of the PhD thesis, as well as the methodological foundation of the research, are outlined, highlighting the novelty and significance of the author's work. The abstract concludes with a list of publications related to the PhD thesis and a brief annotation in English.

I believe that the abstract meets the general requirements and accurately reflects the content and contributions of the PhD thesis.

10. Opinions, recommendations, and comments

It would be beneficial to include full schematic diagrams of the developed embedded system in the appendix of the work.



For some of the recognized electronic devices, it would be useful to train the system with images of the device as it is most likely to be received for instance, a laptop with the screen closed and, most likely- powered off.

11. Conclusion with a clear positive or negative assessment of the PhD thesis

I consider the results obtained by Eng. Dimitar Iliev Iliev to be original and fully in line with the requirements for a PhD thesis to obtain the PhD degree. The work is competently described in sufficient detail, and the conclusions are well-structured and justified. The PhD student has met the minimum requirements of the Technical University of Sofia.

The scientific-applied and applied contributions, along with the demonstrated high educational level and accumulated theoretical and research experience with practical results in a current scientific field, gives me reasons for a **positive evaluation of the PhD thesis**. Based on this, I propose to the scientific jury to **award a PhD educational and scientific degree to Eng. Dimitar Iliev Iliev**.

Date: October 15, 2024.
Sofia.

Reviewer: (n)
(Assoc. Prof. PhD. Eng. Borislav Ganey)

