

**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, 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:** проф. дтн инж. Тодор Стоилов, Институт по информационни и комуникационни технологии – БАН

**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**

Съществува дисбаланс между производството на нови електронни схеми и уреди и натрупването на стари такива с изтекъл срок на експлоатация, дефектирали и повредени (електронни отпадъци). Старите електронни схеми представляват вид отпадъци, които е полезно да се обработват и потенциално да се използват техни ресурсни сировини. Идентифицирането и разпознаването на електронните отпадъци текущо се изпълнява от човешка дейност. Перспективно решение е това разпознаване да се извършва автоматично, което ще увеличи полезнотта от използването на материалите на електронните отпадъци. Дисертационният труд тематично е насочен за разработване на технологични решения за автоматично разпознаване на електронни отпадъци. Решенията които се разработват прилагат принципи на разпознаване на образи за идентифициране на целеви обекти.

Считам че полезнотта и актуалността на дисертационните изследвания е лесно видима и разбираема. Оценявам положително тематичната насоченост и актуалната проблематика на дисертационното изследване.



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

Оценявам положително степента на познаване на проблема с разпознаването на електронни отпадъци. Разглеждано е в гл.1 вида на обектите от категорията на електронни отпадъци, тяхна нормативна класификация. Правена е оценка за тяхното въздействие върху човешкото здраве, околната среда, икономика. Тези оценки са правени чрез привеждане на съответни статистически данни. Тематичната ориентация на дисертационното изследване за автоматизиране на разпознаването на вида на електронния отпадък обосновава и представения анализ на възможностите на вградените системи за изпълнение на такава автоматизация. Представения анализ оценява възможностите на различните методи за разпознаване на този клас обекти. Като резултат от направения обзор дисертационният труд поставя своите задачи за разработване на система и съответно програмно осигуряване за разпознаване на класове електронни отпадъци.

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

Избраната методика на изследване е логична и последователно изпълнявана. Тя съдържа проектиране на техническа компютърна система в която функциите на разпознаване и идентификация се изпълняват програмно съгласно избани методи за разпознаване на образи. Методиката на изследването е следствие на поставената задача на дисертационния труд за разработване на методи и средства за разпознаване на електронни отпадъци.

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

Дисертационният труд е разработан логично съгласно изиснванията на академична изследователска работа. Глава 1 анализира проблема за идентифициране на електронни отпадъци и дефиниране на параметри и променливи, които трябва да се ползват за автоматичната идентификация и класификация.

Глава втора представя технологичното решение, което е разработено като вградена система, която изпълнява функции по разпознаване. Използван е програмен модел, който е обучен да разпознава три класа електронни обекти наречени „фон, слушалки, неизвестно“. Електронната система е обучавана от



предварително направени снимки. Така електронната система може да разпознава дефинираните обекти независимо от тяхното разположение в пространството. Точността на идентификацията е оценявана количествено по 4 критерия (Precision, Recall, F1-Score и Total Accuracy).

Производителността на разработената електронна система е оценявана чрез експерименти в трета глава. Тук е правено и сравнение на функционалността на дисертационната разработка с известни решения. Допълненията, които са правени са с добавяне на визуализация на идентифицирания обект и предоставяне на данни за запис от направената идентификация. Тези допълнителни функции и общата работоспособност на разработената електронна система за разпознаване са оценявани по критерии на „класификационна производителност“, „бързодействие“, „обем използвана памет“, „консумирана мощност“.

В глава 4 дисертационното изследване разширява вида на електронни отпадъци, които трябва да се идентифицират автоматично. Представена е виртуална връзка към набор от данни, които съдържат значително количество анотирани изображения, съдържащи обекти на електронни отпадъци в различно пространствено разположение и състояние. Представени са резултати от експерименти за успешно откриване на различни видове електронни и електрически обекти.

Глава 5 има претенция на подобряване и оптимизиране на дисертационната разработка. Терминът оптимизиране е ползван за процеси на обучение, замяна на класификационния модел, промени в кода на програмното осигуряване. В тази глава не са правени формални изчисления от дефиниране и решаване на съответна оптимизационна задача, която доказва оптималност. Представената нова версия на системата за идентификация и разпознаване разпознава два вида обекти: рутери и клавиатури. В тази глава е правено сравнение между двете версии на разработките като първата система разпознава само слушалки, а втората разпознава два обекта (рутери и клавиатури). Оценките за сравнение са правени по критерии за точност на сравнение, използвана памет, бързодействие, консумирана мощност.

Считам, че дисертационната работа коректно представя своите разработки на технологичната система за разпознаване и необходимото програмно осигуряване за изпълнение на дейностите по идентификация и разпознаване. Тези дейности се реализират чрез сравнение на текущ образ със заложени множество такива предварително анотирани изображения.



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

Считам, че дисертационният труд има научно-приложен принос. Той се състои в проектирането на технологично и програмно решение за автоматично идентифициране на класове обекти, принадлежащи на раздела за електронни отпадъци.

Приложният принос се състои в разработването на технологичната система за автоматично разпознаване на класове електронни отпадъци и демонстрирането на нейната функционалност и полезност.

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

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

Представените изследвания в дисертационния труд и придружаващите научни публикации с авторовото участие ми дават основание да считам, че дисертационните резултати са направени лично от докторанта.

## **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.**

Дисертационният труд представя шест публикации, свързани с разработваната тематика. Прави добро впечатление и стремежа на докторанта да публикува самостоятелно, което е показано в две от приложените публикации. Публикации са правени на международни конференции у нас. За качеството на направените публикации може да се съди и по факта, че тези конференции са индексирани в международни издателства като IEEE и съответно индексирани в SCOPUS. Такива конференции са ELECTRONICS , SIELA, които са провеждани у нас.

В материалите предоставени по процедурата на защита не са представени данни за цитирания.

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

Дисертационният труд разработва практически решения за разпознаване на електронни отпадъци. Това е полезно за практиката и обществото. Оценявам



положително потенциала на дисертационния труд за използване на получените резултати в конкретни приложни задачи.

**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**

Считам, че автореферата съответства и коректно представя съдържанието и резултатите на дисертационната изследване.

**11. Мнения, препоръки и бележки**

Забележки по съдържателната част на дисертационната работа нямам.

Ще препоръчам на докторанта да бъде внимателен с термина оптимизация. Последната се изпълнява като се дефинира съответна задача с целева функция, ограничения, определя се кои променливи са решения на задачата. А задачата трябва да формализира процеси от работата на разработвана система. Такива формализации не се съдържат в дисертационния труд. Затова глава 5 може да претендира за модификации в програмното съдържание на разработваната система, които положително изменят характеристиките и.

**12. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд**

Оценявам положително направените научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд на маг. инж. Димитър Илиев Илиев. Считам, че изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за неговото прилагане и Правила и процедури за приемане и обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор“ на ТУ-София са изпълнени в представения дисертационен труд. Гореизложеното ми дава основание да дам положителна оценка за представения дисертационен труд и да препоръчам на Научното жури да присъди на маг. инж. Димитър Илиев Илиев научната степен „доктор“ по професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност „Електронизация“.

Дата : 27.09.2024 г.  
гр. София

РЕЦЕНЗЕНТ : (n)  
( проф. дтн инж. Тодор Стоилов )





## **REVIEW**

about the PhD thesis for the acquisition of the scientific degree “**doctor**”

**Domain:** 5 Engineering Sciences,

**Professional field 5.2.** „Electrical engineering, electronics and automation“

**Scientific specialty:** Electronization“

**Title of the PhD thesis:** METHODS AND TOOLS FOR OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF EMBEDDED SYSTEMS FOR ELECTRONIC WASTE RECOGNITION

**Author of the PhD thesis:** M.Sc. Dimitar Iliev Iliev

**Ph.D. supervisor:** Prof. Dr. Marin Berov Marinov (TU-Sofia)

**Scientific co-supervisor:** Prof. Dr. rer. nat. Frank Ortmeier (OVGU Magdeburg)

**Reviewer:** Prof. D.Sc. Ph.D. Eng. Todor Atanasov Stoilov, Institute of Information and Communication Technologies – Bulgarian Academy of Sciences (IICT-BAS), Sofia, Acad. G. Bontchev str., BL.2

### **1. Actuality of the problems in the PhD thesis**

There is an imbalance between producing new electronic circuits and devices and accumulating old, expired, defective, and damaged ones (electronic waste). Old electronic circuits are a type of waste that is useful to process and potentially use their resource raw materials. Human activity is currently identifying and recognizing old electronics as e-waste. A promising solution is to make this recognition automatic, increasing the usefulness of using e-waste materials. The dissertation is thematically focused on developing technological solutions for the automatic recognition of electronic waste. The solutions being developed apply image recognition principles to identify target objects.

I find that the usefulness and relevance of the dissertation research are easily visible and understandable. I positively assess the thematic focus and current issues of the dissertation research.

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

I assess positively the degree of awareness of the problem of the automatic identification of the e-waste. Chapter 1 examines the types of objects from the category of electronic waste, and their normative classification. An assessment was made of their impact on human health, the environment, and the economy. These estimates are made by citing relevant statistics. The thematic orientation of the dissertation research on the automatic recognition of the type of electronic waste also substantiates the presented analysis of the possibilities of the embedded systems for the implementation of such automation. The presented analysis evaluates the capabilities of different methods for recognizing this class of objects. As a result of the overview, the thesis sets its tasks for the development of a system and corresponding software for recognizing classes of electronic waste.

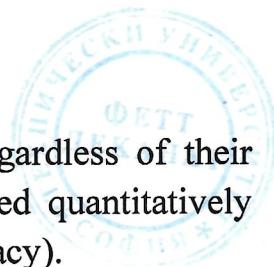
**3. Correspondence of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation with the contributions achieved**

The chosen research methodology is logical and consistently implemented. It contains the design of a technical computer system in which the functions of recognition and identification are performed in a programming way according to comparison to objects with known image recognition. The methodology of the research is a consequence of the defined task of the dissertation to develop methods and means for the recognition of electronic waste.

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

The dissertation is developed logically according to the requirements of an academic research paper. Chapter 1 analyzes the problem of e-waste identification and defines parameters and variables to be used for automatic identification and classification.

Chapter two presents the technological solution, which is developed as an embedded system that performs recognition functions. A software model was used that was trained to recognize three classes of electronic objects called "background, headphones, unknown". The electronic system is trained from previously taken photos.



Thus, the electronic system can recognize the defined objects regardless of their location in space. The accuracy of the identification was evaluated quantitatively according to 4 criteria (Precision, Recall, F1-Score, and Total Accuracy).

The performance of the developed electronic system is evaluated through experiments in the third chapter. A comparison of the functionality of the dissertation development with known solutions is also made here. The additions that have been made are the addition of a visualization of the identified object and the provision of recording data from the identification made. These additional functions and the general performance of the developed electronic recognition system are evaluated according to the criteria of "classification performance", "speed", "volume of used memory", and "consumed power".

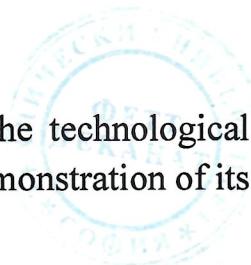
In Chapter 4, the dissertation research expands on the type of e-waste that should be automatically identified. A virtual link is presented to a dataset that contains a significant number of annotated images containing e-waste objects in different spatial arrangements and conditions. Results of experiments for successful detection of various types of electronic and electrical objects are presented.

Chapter 5 claims to improve and optimize the dissertation development. The term optimization is used for learning processes, replacement of the classification model, and changes in the software code. In this chapter, no formal calculations are made from defining and solving a corresponding optimization problem that proves optimality. The presented new version of the identification and recognition system recognizes two types of objects: routers and keyboards. In this chapter, a comparison is made between the two versions of the developments, the first system recognizing only headphones, and the second recognizing two objects (routers and keyboards). Comparison evaluations were made according to criteria of comparison accuracy, used memory, speed, and power consumption.

I find that the dissertation correctly presents its developments of the technological recognition system and the necessary software for the implementation of identification and recognition activities. These activities are implemented by comparing a current image with an embedded set of such pre-annotated images.

## **5. Scientific and practical achievements in the PhD thesis**

I assess that the dissertation has a scientific and applied contribution. The contribution contains technological and software developments, which allow to implementation of solutions for the automatic identification of classes of objects belonging to the section of electronic waste.



The applied contribution consists of the implementation of the technological system for the automatic recognition of classes of e-waste and the demonstration of its functionality and usefulness.

I find that the results obtained are original and useful. They fulfill the requirements for the defense of dissertation work for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor".

#### **6. Assessment of the degree of personal involvement of the dissertation student in the contributions**

The research presented in the dissertation and the accompanying scientific publications with the author's participation give me reason to believe that the dissertation results were made personally by the doctoral student.

#### **7. Assessment of dissertation publications**

The dissertation presents six publications related to the developed topic. The PhD student's drive to self-publishing is also impressive, as shown in two of the attached publications. Publications were made at international conferences in our country. The quality of the published publications can also be judged by the fact that these conferences are indexed in international publishing houses such as IEEE and accordingly indexed in SCOPUS. Such conferences are ELECTRONICS, SIELA, which were held in our country.

No citation data is presented in the materials submitted under the defense procedure.

#### **8. Application of the results of the dissertation work in scientific and social practice**

The dissertation develops practical solutions for e-waste detection. This is useful for practice and society. I positively assess the potential of the dissertation work for using the obtained results in this specific applied task.



**9. 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**

I find that the abstract corresponds to and correctly presents the content and results of the dissertation research.

**10. Few assessments, recommendations, and remarks**

I have no comments on the content of the dissertation. I will advise the PhD student to be careful with the term optimization. The latter is performed by defining a corresponding task with an objective function, constraints, and definition of which variables are solutions to the optimization problem. The problem must formalize processes, which are described in the Ph.D thesis about the development of the e-waste recognition system. Such problem definitions and formalizations are not presented in the dissertation. Therefore, chapter 5 can claim modifications in the program content of the developed system, which positively change the characteristics of the designed technical system.

**11. Conclusion**

I give a positive assessment of the scientific-applied and applied results in the PhD thesis of Dimitar Iliev Iliev. I found that the legislative requirements of the Law for academic growth in Bulgaria, and the Regulations for its application are satisfied. This gives me the reason to recommend to the honorable Scientific Jury to award Dimitar Iliev Iliev the educational and scientific degree "Doctor" in professional field 5.2 „Electrical engineering, electronics, and automation“, Scientific specialty: Electronization“ .

1.10.20245

Reviewer: (n)

Sofia

Prof. D.Sc. Ph.D. Eng. Todor Stoilov

