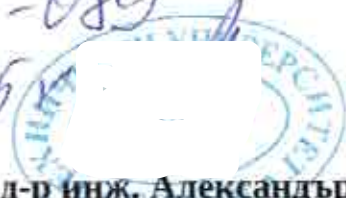


07678-НС1-089
02.07.2025



РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-р инж. **Александър Бекарьски**
относно дисертационен труд за придобиване на образователна и научна
степен "доктор" по научна специалност:

Телевизионна и видеотехника

в професионално направление:

5.3. Комуникационна и компютърна техника

Автор на дисертационния труд:

маг. инж. **Стоян Кушлев**

Тема на дисертационния труд:

Методи и алгоритми за водно маркиране на изображения

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Темата на представения дисертационен труд "**Методи и алгоритми за водно маркиране на изображения**" съвсем естествено разкрива наличието на актуалност, свързана с широкото разпространение на методите и средствата за маркиране и добавяне на информация, стеганография, информация с ограничен достъп, криптиране/скриване на информацията с цел защита на информацията.

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

Степента на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал се забелязва в целия дисертационен труд. Но може да се подчертае, че чрез същността на глава 1 "Анализ на методите за водно маркиране" на дисертационния труд, където са анализирани голяма част от цитираните 180 научни публикации, се аргументира тематиката на дисертацията, главно по отношение на необходимостта от нови по-ефективни методи и алгоритми.

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

Съответствието на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси е добре обосновано и следва да се подчертае, че поставената цел и задачи на дисертационния труд са дефинирани и тясно свързани с постигнатите резултати и приноси в дисертационния труд. В това твърдение следва да се включи обосноваността на целите и задачите в дисертационния труд, напълно основателно дефинираната значимост и необходимост в научно-приложно и приложно отношение от изследвания в избраната научна област. Предложен е правилен подход, по който докторантът е формулирал точно и в синтезиран вид както целта, така и задачите в своя дисертационен труд, както следва:

Цел на дисертацията

Разработване на нови методи и алгоритми за водно маркиране на изображения

От поставената цел на дисертационния труд произтичат и следните основни задачи:

Задача 1: Разработване на метод, алгоритми и симулационни модели за водно маркиране, използващи комбинирано честотно преобразуване, на база уейвлет преобразуване и косинус преобразуване.

Задача 2: Разработване на метод, алгоритми и симулационни модели за водно маркиране, използващи комплексно преобразуване на Адамар.

Задача 3: Анализ и оценка на качеството на разработените методи и алгоритми за водно маркиране.

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

Дисертационният труд е с обем 174 страници. Реализирането на правилно поставената цел и съответни задачи на дисертационния труд е обект на следващите глави на дисертацията, между които е постигната последователност в изложението, логическа връзка и методичност в представяне на новите важни, относно приносите на дисертацията, теоретични и практически решения в областта на тематиката на дисертацията.

Обект на изследване в глава 2 е разработване на метод за водно маркиране на изображения чрез комбинирано честотно преобразуване. Представен е метод за водно маркиране и откриване на воден знак, чрез комбинирано честотно преобразуване. Извършено е симулационно моделиране на система за водно маркиране и откриване на воден знак, чрез комбинирано честотно преобразуване

В трета глава на дисертационния труд “Метод за водно маркиране на изображения, чрез комплексно честотно преобразуване на Адамар” е разработен метод за водно маркиране и откриване на воден знак чрез комплексно честотно преобразуване на Адамар. Реализирано е и симулационно моделиране на този метод чрез комплексно честотно преобразуване на Адамар с СНТ трансформации.

В глава четвърта на дисертационния труд «Експериментални резултати от разработените методи и симулационни модели за водно маркиране на изображения» са дадени критерии за оценяване на качеството и избор на тестовите изображения. Представени са експериментални резултати от практическото прилагане на разработените алгоритъм и симулационен модел за водно маркиране, чрез комбинирано честотно преобразуване.

След глава четвърта в дисертацията са включени приносите в дисертацията, обобщаващи получените теоретични и практически резултати.

5. Научни и/или научно-приложни приноси на дисертационния труд

Основните резултати, постигнати в настоящия дисертационен труд са обобщени и представени в синтезиран вид под формата на следните приноси:

Научни приноси:

Научните приноси, отнасящи се до математическото описание на разработените в дисертационния труд методи са следните:

- метод за водно маркиране и откриване на воден знак, чрез комбинирано честотно преобразуване (т.2.1, т.2.2 от стр.51 до стр.58);
- метод за водно маркиране и откриване на воден знак на изображения, чрез комплексно честотно преобразуване на Адамар (т.3.1, т.3.2 от стр.72 до стр.78).

Научно-приложни приноси:

Научно-приложните приноси, включващи разработване на алгоритми и модели на представените методи за водно маркиране са следните:

- алгоритъм за водно маркиране и откриване на воден знак на изображения, чрез комбинирано честотно преобразуване (т.2.3, т.2.4 от стр.58 до стр.61);
- симулационни модели на система за водно маркиране и система за откриване на воден знак на изображения, чрез комбинирано честотно преобразуване (т.2.5 от стр.62 до стр.70);
- алгоритъм за водно маркиране и откриване на воден знак на изображения, чрез комплексно честотно преобразуване на Адамар (т.3.3, т.3.4 от стр.78 до стр.81);
- симулационни модели на система за водно маркиране и система за откриване на воден знак на изображения, чрез комплексно честотно преобразуване на Адамар (т.3.5 от стр.82 до стр.91).

Приложни приноси:

Приложните приноси, отнасящи се до резултатите от експериментите, проведени за оценяване на качеството на разработените методи за водно маркиране са следните:

- експериментално изследване на ефективността и прозрачността, при водно маркиране с разработените алгоритъм и симулационен модел за водно маркиране, чрез комбинирано честотно преобразуване, с различни входни изображения и различни водни знаци (т.4.2 от стр.98 до стр.100, от стр.107 до стр.114);
- експериментално изследване на устойчивостта на маркираното съдържание, при водно маркиране с разработените алгоритъм и симулационен модел за водно маркиране, чрез комбинирано честотно преобразуване (т.4.2 от стр.101 до стр.106, от стр.114 до стр.123);
- експериментално изследване на ефективността и прозрачността, при водно маркиране с разработените алгоритъм и симулационен модел за водно маркиране, чрез комплексно честотно преобразуване на Адамар, с различни входни изображения и различни водни знаци (т.4.3 от стр.123 до стр.125, от стр.132 до стр.139);

- експериментално изследване на устойчивостта на маркираното съдържание, при водно маркиране с разработените алгоритъм и симулационен модел за водно маркиране, чрез комплексно честотно преобразуване на Адамар, при различни типове атаки (т.4.3 от стр.126 до стр.131, от стр.139 до стр.148).

6. Оценка на степента на личното участие на докторанта в приносите

Описаните по-горе научни, научно-приложни и приложни приноси фигурират в достатъчната по обем и съдържание публикационна дейност на докторантът. Те са популяризирани в подходящи и утвърдени в областта на дисертацията научни форуми, което означава, че резултатите от дисертацията са придобили съответната популярност и признание в научните среди. В тази връзка и личното участие на докторантът в приносите се проявява и е неоспоримо и потвърдено от наличието на 5 публикации в съавторство с ръководителя на докторанта. Една публикации е индексирана в Scopus. Статията има 10 цитирания в Scopus.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Основните постижения в дисертационния труд са популяризирани в 5 научни публикации в научни конференции. Всички публикации са с теоретично и приложно значение, свързани са с дисертацията и с професионалното направление **5.3. Комуникационна и компютърна техника**. Приемам публикационната дейност като напълно достатъчна по обем, на високо научно ниво и популяризирана в достатъчна степен в национален и международен научен план.

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

Несъмнено резултатите от дисертационния труд са със значителна потенциална стойност за научната и социална практика. Независимо, че не са представени конкретни данни за участие на докторанта в научно-изследователски проекти свързани с дисертацията, е напълно основателно да се предполага бъдещата реална възможност за пряко практическо приложение и използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. В потвърждение на това могат да се посочат следните аргументи:

- експоненциалното нарастване на интереса към практическите приложения на методите и средствата за защита на всякакъв вид информация и особено на аудио визуалната информация от неоторизиран достъп;

- горното твърдение утвърждава приоритетното значение на разработените в дисертацията методи и алгоритми за водно маркиране и създава реални предпоставки за тяхното практическо приложение в системите за криптиране/скриване с цел защита на информацията.

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

Прецизният преглед на автореферата към дисертационния труд показва наличие на пълно съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд. Авторефератът към дисертационния труд напълно основателно може да се оцени и характеризира като синтезиран вариант на дисертацията, отразяващ вярно нейното основно съдържание, постигнатите теоретични и практически резултати и дефинираните научно-приложни и приложни приноси, съдържащи се в пълния текст на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки

В сравнение с представения за вътрешна защита първи вариант на дисертационния труд може да се потвърди, че в крайният вариант на оформения дисертационен труд, са отстранени повечето от посочените в моето мнение забелязани пропуски и неточности. Вероятно при редактирането на крайния вариант на дисертацията са останали само съвсем незначителни редакционни грешки, като например различие в заглавието на параграф 2.2 в съдържанието и в текста на глава 2.

11. Заключение

Общата положителна оценка на теоретичните и практически резултати, постигнати при разработката на настоящия дисертационен труд, дефинирани като научни, научно-приложни и приложни приноси, отразени в достатъчен на брой научни публикации и в подходящи научни конференции, са напълно достатъчно основание за ясно положително заключение относно квалификацията на докторанта и неговите потвърдени в дисертационния труд качества на учен в избраната от него научна област. Затова считам за напълно основателно присъждането на образователната и научна степен „доктор” на **маг. инж. Стоян Кушлев** в професионално направление **5.3. Комуникационна и компютърна техника** по научна специалност **Телевизионна и видеотехника**.

Дата: 27.06.2025 г.

Рецензент:

(проф. д-р Александър Богданов Бекарянски)

07K78-He1-089M
02.11.2025

REVIEW

by Prof. Dr. Eng. Bogdanov Bekyarski

regarding the dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor" in the scientific specialty: Television and Video Engineering in the professional field: 5.3. Communication and Computer Engineering

Author of the dissertation: **M. Eng. Stoyan** **Kushlev**

Topic of the dissertation:

Methods and algorithms for watermarking images

1. Relevance of the problem developed in the dissertation in scientific and scientific-applied terms

The topic of the presented dissertation "Methods and algorithms for watermarking images" quite naturally reveals the presence of relevance, related to the widespread use of methods and means for marking and adding information, steganography, information with limited access, encryption/hiding of information in order to protect information.

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

The degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material is noticeable throughout the dissertation work. But it can be emphasized that through the essence of Chapter 1 "Analysis of Watermarking Methods" of the dissertation work, where a large part of the cited 180 scientific publications are analyzed, the topic of the dissertation is argued, mainly in terms of the need for new more effective methods and algorithms.

3. Compliance of the selected research methodology and the set goal and tasks of the dissertation work with the achieved contributions

The compliance of the selected research methodology and the set goal and tasks of the dissertation work with the achieved contributions is well justified and it should be emphasized that the set goal and tasks of the dissertation work are defined and closely related to the achieved results and contributions in the dissertation work. This statement should include the justification of the goals and objectives of the

dissertation, the fully justified definition of the significance and necessity in scientific-applied and applied terms of research in the chosen scientific field. A correct approach is proposed, in which the doctoral student has formulated precisely and in a synthesized form both the goal and the objectives of his dissertation, as follows:

Purpose of the dissertation

Development of new methods and algorithms for watermarking images

The following main tasks arise from the set goal of the dissertation:

Task 1: Development of a method, algorithms and simulation models for watermarking using combined frequency conversion, based on wavelet transform and cosine transform.

Task 2: Development of a method, algorithms and simulation models for watermarking using complex Hadamard transform.

Task 3: Analysis and assessment of the quality of the developed methods and algorithms for watermarking.

4. Brief analytical characterization of the nature and assessment of the reliability of the material on which the contributions of the dissertation are built

The dissertation is 174 pages long. The realization of the correctly set goal and relevant tasks of the dissertation is the subject of the following chapters of the dissertation, between which consistency in the exposition, logical connection and methodicality in presenting the new important, regarding the contributions of the dissertation, theoretical and practical solutions in the field of the dissertation's topic have been achieved.

The object of research in chapter 2 is the development of a method for watermarking images by combined frequency conversion. A method for watermarking and detecting a watermark by combined frequency conversion is presented. Simulation modeling of a system for watermarking and detecting a watermark by combined frequency conversion has been performed

In the third chapter of the dissertation "Method for watermarking images by complex frequency conversion of Hadamard" a method for watermarking and detecting a watermark by complex frequency conversion of Hadamard has been developed. Simulation modeling of this method by complex frequency conversion of Hadamard with CHT transformations has also been realized.

Chapter four of the dissertation «Experimental results of the developed methods and simulation models for watermarking images» provides criteria for assessing the quality and selecting test images. Experimental results from the practical application of the developed algorithm and simulation model for watermarking, using combined frequency conversion, are presented.

After chapter four, the dissertation includes contributions to the dissertation, summarizing the obtained theoretical and practical results.

5. Scientific and/or scientific-applied contributions of the dissertation

The main results achieved in this dissertation are summarized and presented in a synthesized form in the form of the following contributions:

Scientific contributions:

The scientific contributions relating to the mathematical description of the methods developed in the dissertation are the following:

- method for watermarking and watermark detection, by combined frequency conversion (p.2.1, p.2.2 from p.51 to p.58);
- method for watermarking and watermark detection in images, by complex Hadamard frequency conversion (p.3.1, p.3.2 from p.72 to p.78).

Scientific and applied contributions:

The scientific and applied contributions, including the development of algorithms and models of the presented watermarking methods, are the following:

- algorithm for watermarking and image watermark detection, using combined frequency conversion (p.2.3, p.2.4 from p.58 to p.61);
- simulation models of a watermarking system and image watermark detection system, using combined frequency conversion (p.2.5 from p.62 to p.70);
- algorithm for watermarking and image watermark detection, using complex Hadamard frequency conversion (p.3.3, p.3.4 from p.78 to p.81);
- simulation models of a watermarking system and image watermark detection system, using complex Hadamard frequency conversion (p.3.5 from p.82 to p.91).

Applied contributions:

The applied contributions related to the results of the experiments conducted to assess the quality of the developed watermarking methods are the following:

- experimental study of the efficiency and transparency of watermarking with the developed algorithm and simulation model for watermarking, through combined frequency conversion, with different input images and different watermarks (section 4.2 from p.98 to p.100, from p.107 to p.114);
- experimental study of the stability of the marked content, in watermarking with the developed algorithm and simulation model for watermarking, through combined frequency conversion (section 4.2 from p.101 to p.106, from p.114 to p.123);
- experimental study of the efficiency and transparency of watermarking with the developed algorithm and simulation model for watermarking, through complex Hadamard frequency transformation, with different input images and different watermarks (section 4.3 from p. 123 to p. 125, from p. 132 to p. 139);
- experimental study of the stability of the marked content, when watermarking with the developed algorithm and simulation model for watermarking, through complex Hadamard frequency transformation, under different types of attacks (section 4.3 from p. 126 to p. 131, from p. 139 to p. 148).

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

The scientific, applied science and applied contributions described above appear in the doctoral student's publication activity sufficient in volume and content. They have been popularized in appropriate and established scientific forums in the field of the dissertation, which means that the results of the dissertation have gained the corresponding popularity and recognition in scientific circles. In this regard, the personal participation of the doctoral student in the contributions is manifested and is undeniable and confirmed by the presence of 5 publications in co-authorship with the doctoral student's supervisor. One publication is indexed in Scopus. The article has 10 citations in Scopus.

7. Assessment of the publications on the dissertation work

The main achievements in the dissertation work have been popularized in 5 scientific publications at scientific conferences. All publications are of theoretical and applied importance, are related to the dissertation and the professional field 5.3. Communication and computer technology. I accept the publication activity as completely sufficient in volume, at a high scientific level and sufficiently popularized in national and international scientific terms.

8. Use of the results of the dissertation work in scientific and social practice

Undoubtedly, the results of the dissertation work are of significant potential value for scientific and social practice. Despite the fact that no specific data have been presented on the participation of the doctoral student in scientific and research projects related to the dissertation, it is completely reasonable to assume the future real possibility for direct practical application and use of the results of the dissertation work in scientific and social practice. In confirmation of this, the following arguments can be cited:

- the exponential growth of interest in the practical applications of methods and means for protecting any type of information, and especially audio-visual information, from unauthorized access;
- the above statement confirms the priority importance of the watermarking methods and algorithms developed in the dissertation and creates real prerequisites for their practical application in encryption/hiding systems for the purpose of information protection.

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

A precise review of the abstract to the dissertation work shows the presence of full compliance of the abstract to the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work. The abstract to the dissertation work can be fully justified and characterized as a synthesized version of the dissertation, accurately reflecting its main content, the achieved theoretical and practical results and the defined scientific-applied and applied contributions contained in the full text of the dissertation work.

10. Opinions, recommendations and notes

Compared to the first version of the dissertation work submitted for internal defense, it can be confirmed that in the final version of the completed dissertation work, most of the omissions and inaccuracies noted in my opinion have been eliminated. Probably, when editing the final version of the dissertation, only very minor editorial errors remained, such as a difference in the title of paragraph 2.2 in the content and in the text of chapter 2.

11. Conclusion

The general positive assessment of the theoretical and practical results achieved in the development of this dissertation work, defined as scientific, scientifically applied and applied contributions, reflected in a sufficient number of scientific publications and in appropriate scientific conferences, are quite sufficient grounds for a clear positive conclusion regarding the qualification of the doctoral student and his confirmed in the dissertation qualities of a scientist in his chosen scientific field. Therefore, I consider it completely justified to award the educational and scientific degree "doctor" to mag. eng. Stoyan Dimitrov Kushlev in professional field 5.3. Communication and computer technology in the scientific specialty Television and video technology.

Date: 27.06.2025

Reviewer:

(Prof. Dr. Alexander Bekyarski)