

ФТК 78-НС1-096

30.06.2026



СТАВРОВИЩЕ

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

Автор на дисертационния труд: *маг. инж. Ивайло [REDACTED] Божилков*
Тема на дисертационния труд: *„Кодиране и визуализация на 3D обекти, чрез архитектури за дълбоко обучение“*
Професионално направление: *5.3 Комуникационна и компютърна техника,*
Научна специалност: *„Телевизионна и видеотехника“*
Член на научното жури: *доц. д-р Аделина Алексиева-Петрова*

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

Тримерното съдържание заема все по-централно място в съвременните комуникационни и визуални системи – от облаци от точки и обемни видеа до холографски и пленоптични представяния. Бързото развитие на технологии като разширена и виртуална реалност, цифрови двойници, автономни системи, роботика, интелигентни производствени процеси и холографски комуникации поражда необходимост от ефективно представяне, компресия, предаване и визуализация на все по-големи обеми 3D данни. Това превръща разработването на нови подходи за кодиране на тримерно съдържание в една от най-актуалните научни задачи в областта на комуникационните и компютърните технологии.

В този контекст представеният дисертационен труд е насочен към разработването и изследването на методи за интеграция на обучаеми и семантично ориентирани подходи в системи за заснемане, предаване и визуализация на 3D съдържание, с цел повишаване на ефективността, адаптивността и функционалността на процеса на кодиране. Темата на дисертационния труд е безспорно актуална и съответства на най-новите тенденции в развитието на компресията на визуални данни, изкуствения интелект и комуникационните технологии от следващо поколение.

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

Представеният материал показва, че докторантът задълбочено е проучил голям брой от значимите научни публикации в областта на кодирането и визуализацията на 3D съдържание. Общият брой на цитираните литературни източници е 97, голяма част от които са публикувани през последните няколко години, което отразява актуалността на темата. Литературният обзор в Глава 1 не е просто описателен – въз основа на него докторантът предлага собствена таксономия на методите за кодиране на 3D източници според използваните технологични принципи и интерпретируемостта на междинните представяния, както и концептуален модел за семантична компресия чрез разделяне на информацията на глобален и детайлен семантичен контекст. Това показва творческа, а не само компилативна работа с литературния материал и правилно формулиране на целта и задачите на дисертационния труд.

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

В контекста на настоящото изследване е изграден 4-слоен операционен модел на системите за заснемане, предаване и визуализация на тримерно съдържание, който

служи като рамка за анализ на разпределението на изчислителните и комуникационните ресурси и за позициониране на разглежданите кодиращи методи.

Дисертационният труд е структуриран в пет глави. В Глава 1 е направен анализ на състоянието на проблема по литературни данни. Глава 2 разглежда интеграцията на обучаеми методи за кодиране в системи за тримерно съдържание, включително теоретичната постановка на ентропийното кодиране при несъгласувани модели. В Глава 3 са предложени автоенкодерни архитектури за кодиране на геометричната структура на разредени облаци от точки. Глава 4 е посветена на компресията на облаци от точки чрез тези архитектури и съдържа подробна експериментална оценка спрямо референтни кодеци (G-PCC, Dgaco, CRCIR). Глава 5 представя методи за дълбоко съвместно кодиране източник-канал, включително предложения метод за фазово-инвариантно декодиране, и анализира устойчивостта на моделите към канален шум.

На базата на гореизложеното, считам, че е налице пълно съответствие между избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

4. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Научните приноси са два: разработена е теоретична постановка за ентропийно кодиране с несъгласувани вероятностни модели и е предложен е метод за фазово-инвариантно декодиране при предаване на динамични облаци от точки, който премахва необходимостта от изрично възстановяване на синхронизацията на кадрите чрез използване на представяне, инвариантно спрямо циклични измествания, за което е изведена граница на грешката.

Научно-приложните приноси са 5 и са извършени систематизация и анализ на съвременните методи за кодиране на 3D съдържание, предложени са концептуален модел за семантична компресия чрез разделяне на информацията на глобален и детайлен семантичен контекст и 4-слоен операционен модел като универсална рамка за анализ на системи за заснемане, предаване и визуализация на тримерно съдържание. Разработени и експериментално изследвани са нови архитектури за компресия на облаци от точки (GAE, TGAE и DPCT), като е анализирано влиянието на различни архитектурни решения върху ефективността на компресията и качеството на реконструкцията. Изследвана е компресията на разредени облаци от точки чрез автоенкодерни архитектури, като е анализирано влиянието на архитектурата, броя на параметрите и размерността на латентното пространство върху зависимостта скорост -изкривяване. Изследвана е DPCT архитектурата в режим на дълбоко съвместно кодиране източник -канал за облаци от точки, като е показано подобрене спрямо референтни методи по отношение на качеството на реконструкцията и честотната ефективност при наличие на шум в предавателния канал.

Приложните приноси са три и са свързани с анализ и имплементация на методи за компресия на RGB-D изображения чрез оцветяване и използване на кодиращи схеми за цветни изображения, разработена е програмна реализация на система за кодиране на геометричната структура на разредени облаци от точки (AEPCC) и самостоятелна програмна реализация на кодираща схема за разделно кодиране на геометричната структура в рамките на AEPCC.

Считам, че формулираните от автора приноси са реални, научно обосновани и убедително доказани чрез проведените изследвания.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По темата на дисертационния труд са представени 6 публикации (A1–A6), от които 3 в международни списания, индексирани в Scopus/Web of Science (включително IEEE Access и MDPI Sensors), и 3 доклада на международни конференции. Допълнително са предоставени 3 публични програмни реализации (B1–B3) на разработените от автора системи и архитектури, което допринася за възпроизводимостта и практическата приложимост на резултатите.

Представените публикации са пряко свързани с тематиката на дисертацията и отразяват разработените модели, експериментални резултати и направените научни изводи. Те дават основание да се приеме, че резултатите са получили необходимата научна апробация.

6. Мнения, препоръки и бележки

Представеният дисертационен труд е разработен на високо научно равнище. Независимо от безспорните му достойнства могат да бъдат отправени някои препоръки:

- Предложените архитектури са оценени предимно върху сравнително разредени облаци от точки с ограничен брой точки, поради което в бъдещи изследвания би било полезно те да бъдат изпробвани и върху по-големи публични бази данни, съдържащи динамични сцени с по-висока сложност и плътност.
- Представява интерес и интегрирането на генеративни модели и големи езикови модели при семантичната компресия и интелигентната реконструкция на тримерно съдържание.

Посочените препоръки не намаляват научната стойност на дисертационния труд, а представляват насоки за неговото бъдещо развитие.

7. Заключение

Въпреки отправените бележки изразявам положително мнение за предоставения ми дисертационен труд. Спазени са изискванията за присъждане на образователна и научна степен „доктор“. Получените резултати в дисертационния труд представляват оригинален научен и научно-приложен принос в областта на кодирането и визуализацията на тримерно съдържание чрез архитектури за дълбоко обучение.

Считам, че дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България, Правилника за неговото прилагане и действащите нормативни документи на Техническия университет – София.

Въз основа на изложеното давам положителна оценка на дисертационния труд и предлагам на уважаемото научно жури да присъди на маг. инж. Ивайло Божилков образователната и научна степен „доктор“ по професионално направление 5.3. „Комуникационна и компютърна техника“, научна специалност „Телевизионна и видеотехника“.

ЧЛЕН НА ЖУРИТО: .

/доц. д-р Аделина Алексиева-Петрова/

29.06.2026 г.
гр. София

ФТК 78-НС1-096

30.06.2026



Opinion

on a dissertation work
for the acquisition of an educational and scientific degree "doctor"

Author of the dissertation: *MSc. Eng. Ivaylo* [redacted] *Bozhilov*

Title of the dissertation: *"Coding and Visualization of 3D Objects Through Deep Learning Architectures"*

Professional field: *5.3 Communication and Computer Engineering,*

Scientific specialty: *"Television and Video Technology"*

Scientific jury member: *Assoc. Prof. Dr. Adelina Aleksieva-Petrova*

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

Three-dimensional content occupies an increasingly central place in modern communication and visual systems – from point clouds and volumetric video to holographic and plenoptic representations. The rapid development of technologies such as augmented and virtual reality, digital twins, autonomous systems, robotics, intelligent manufacturing processes, and holographic communications gives rise to the need for efficient representation, compression, transmission, and visualization of ever-larger volumes of 3D data. This makes the development of new approaches for coding three-dimensional content one of the most relevant scientific tasks in the field of communication and computer technologies.

In this context, the presented dissertation is aimed at the development and study of methods for integrating learning-based and semantically oriented approaches into systems for the capture, transmission, and visualization of 3D content, with the goal of increasing the efficiency, adaptability, and functionality of the coding process. The topic of the dissertation is undoubtedly relevant and corresponds to the latest trends in the development of visual data compression, artificial intelligence, and next-generation communication technologies.

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

The presented material shows that the doctoral student has thoroughly studied a large number of significant scientific publications in the field of 3D content coding and visualization. The total number of cited literature sources is 97, most of which were published in recent years, reflecting the topicality of the subject. The literature review in Chapter 1 is not merely descriptive – on its basis, the doctoral student proposes his own taxonomy of 3D source coding methods according to the technological principles used and the interpretability of intermediate representations, as well as a conceptual model for semantic compression through the separation of information into global and detailed semantic context. This demonstrates creative, rather than purely compilative, engagement with the literature and a correct formulation of the aim and tasks of the dissertation.

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

In the context of the present study, a 4-layer operational model of capture, transmission, and visualization systems for three-dimensional content was constructed, serving as a framework for analyzing the distribution of computational and communication resources and for positioning the coding methods under consideration.

The dissertation is structured into five chapters. Chapter 1 analyzes the state of the problem based on the literature. Chapter 2 examines the integration of learning-based coding methods into 3D content systems, including the theoretical formulation of entropy coding under mismatched models. Chapter 3 proposes autoencoder architectures for coding the geometric structure of sparse point clouds. Chapter 4 is devoted to the compression of point clouds using these architectures and contains a detailed experimental evaluation against reference codecs (G-PCC, Draco, CRCIR). Chapter 5 presents methods for deep joint source-channel coding, including the proposed phase-invariant decoding method, and analyzes the robustness of the models to channel noise.

Based on the above, I believe that there is complete correspondence between the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation work.

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

There are two scientific contributions: a theoretical formulation for entropy coding with mismatched probabilistic models has been developed, and a phase-invariant decoding (PID) method has been proposed for the transmission of dynamic point clouds, which removes the need for explicit frame-synchronization recovery through the use of a representation invariant to cyclic shifts, for which an error bound has been derived.

There are five scientific-applied contributions: a systematization and analysis of contemporary 3D content coding methods has been carried out; a conceptual model for semantic compression has been proposed through the separation of information into global and detailed semantic context, together with a 4-layer operational model serving as a universal framework for the analysis of capture, transmission, and visualization systems for three-dimensional content. New architectures for point cloud compression (GAE, TGAE, and DPCT) have been developed and experimentally investigated, analyzing the influence of different architectural choices on compression efficiency and reconstruction quality. The compression of sparse point clouds via autoencoder architectures has been investigated, analyzing the influence of the architecture, the number of parameters, and the dimensionality of the latent space on the rate-distortion trade-off. The DPCT architecture has been investigated in a deep joint source-channel coding regime for point clouds, showing improvement over reference methods in terms of reconstruction quality and spectral efficiency in the presence of noise in the transmission channel.

There are three applied contributions, related to the analysis and implementation of methods for RGB-D image compression through colorization and the use of coding schemes for color images; a software implementation of a coding system for the geometric structure of sparse point clouds (AEPCC) has been developed, together with a standalone software implementation of a coding scheme for separate coding of the geometric structure within AEPCC.

I consider the contributions formulated by the author to be real, scientifically substantiated, and convincingly demonstrated through the conducted research.

5. Evaluation of the publications on the dissertation

On the topic of the dissertation, 6 publications (A1–A6) are presented, 3 of which are in international journals indexed in Scopus/Web of Science (including IEEE Access and MDPI Sensors), and 3 are papers at international conferences. In addition, 3 publicly available software implementations (B1–B3) of the systems and architectures developed by the author are provided, which contributes to the reproducibility and practical applicability of the results.

The presented publications are directly related to the subject matter of the dissertation and reflect the developed models, experimental results, and the scientific conclusions drawn. They provide grounds to consider that the results have received the necessary scientific validation.

6. Opinions, recommendations and notes

The presented dissertation has been developed at a high scientific level. Notwithstanding its undoubted merits, some recommendations can be made:

- The proposed architectures are evaluated mainly on relatively sparse point clouds with a limited number of points; future research would therefore benefit from testing them on larger public datasets containing dynamic scenes of higher complexity and density.
- The integration of generative models and large language models in semantic compression and intelligent reconstruction of three-dimensional content is also of interest.

The recommendations made do not diminish the scientific value of the dissertation, but rather represent directions for its future development.

7. Conclusion

Despite the remarks made, I express a positive opinion of the dissertation provided to me. The requirements for awarding the educational and scientific degree “doctor” have been met. The results obtained in the dissertation represent an original scientific and scientific-applied contribution in the field of coding and visualization of three-dimensional content through deep learning architectures.

I consider that the dissertation meets the requirements of the Act on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, its Implementing Regulations, and the applicable regulatory documents of the Technical University of Sofia.

Based on the above, I give a positive assessment of the dissertation and propose to the Honorable Scientific Jury to award MSc. Eng. Ivaylo [REDACTED] Bozhilov the educational and scientific degree “doctor” in professional field 5.3 “Communication and Computer Engineering,” scientific specialty “Television and Video Technology”.

Scientific jury member: [REDACTED]

/Assoc. Prof. Dr. Adelina Aleksieva-Petrova/

29.06.2026

Sofia, Bulgaria