

DK 88-НС1-086  
10.01.2025

## СТАНОВИЩЕ

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

Автор на дисертационния труд: *маг. инж. Пламен Христов*

Тема на дисертационния труд: **“ВИЗУАЛЕН АНАЛИЗ НА ПОВЕДЕНИЕТО НА ИНДИВИДИ В КИБЕРФИЗИЧНИ СИСТЕМИ”**

Професионално направление: *5.3. Комуникационна и компютърна техника*

Научна специалност: *Телевизионна и видеотехника*

Научни ръководители: *доц. д-р инж. Агата Манолова, ТУ-София, ФТК* и *проф. д-р инж. Огнян Бумбаров, ТУ-София, ФТК*

Член на научното жури: *доц. д-р инж. Страхил Сокалов, Висше училище по телекомуникации и пощи, кат. Телекомуникации, Факултет по телекомуникации и мениджмънт*

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

Разпознаването на елементи от човешкото поведение е от голямо значение за взаимодействието между човек и робот и позволява на робота да разпознава движенията на човешкото тяло. Съществуващите актуални разработки могат да бъдат категоризирани в RGB-базирани методи; методи на база дълбочинна информация и методи на база скелетони. В сравнение с RGB данните, дълбочинните представяния на действията са по-малко повлияни от припокривания и от фона на заснемането. В допълнение към данните за дълбочината, скелетонните данни директно улавят структурата на човешкото тяло, като същевременно съдържат по-малко информационен излишък. Освен това, скелетонните данни могат лесно да бъдат достъпни във време, близко до реалното, благодарение на наличието и разпространението на дълбочинни сензори.

Авторът прави задълбочен анализ на използването на дълбоки невронни мрежи за визуален анализ на поведението на индивиди в киберфизични системи. Подчертани са предизвикателствата, свързани с времето за обучение и обема на данните в обучаващата извадка, като са предложени някои възможни решения от рода сливане на данни от много ракурси и оптимизация на позата. Направена е обосновава препратка към еднократните обучения (one-shot learning) и определянето на 3D поза като допълващ метод към обединяването на 2D пози от няколко ракурса.

Представеният научен труд, анализът на състоянието и описаните идеи показват актуалност и перспектива за бъдещи изследвания. Авторът, маг. инж. Пламен Христов демонстрира задълбочено разбиране на проблематиката и предлага иновативни подходи за нейното решаване, което прави дисертационния труд актуален и значим за обсъждане.

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

Дисертационният труд на авторът маг. инж. Пламен Христов се основава на 103 литературни източници, по-голямата част от които са с дата на публикуване през последното десетилетие. Авторът демонстрира познаване на различните методи за разпознаване на човешки активности, включително моноракурсни и многоракурсни системи, както и използването на дълбоки невронни мрежи. Авторът също така отбелязва предизвикателствата, свързани с натрапчивостта на традиционните методи като moCap и инерционните сензори, и въз основа на това предлага използването на скелетони като компромисен вариант.

Докторантът маг. инж. Пламен Христов предоставя обстоен литературен обзор и показва, че е запознат с актуалните тенденции и предизвикателства в областта на визуалния анализ на поведението на индивиди в киберфизични системи и предлага иновативни подходи за тяхното решаване, дефинирани в целта и задачи за решаване в дисертационния труд.

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

Основната цел на представения от автора маг. инж. Пламен Христов дисертационен труд е да бъдат разработени методи и алгоритми за анализ на човешка активност, при моноракурсни, така и многоракурсни системи с повишена приложимост в практиката.

За решаването на поставената цел, авторът е поставил следните задачи:

- За реализация на поставената цел авторът се е ангажирал да използва свободностъпни бази от данни, съдържащи аотирани и сегментирани активности и действия (прости активности) от скелетони, заснети с помощта на сензори Kinect®.
- Разработване на комбиниран метод и алгоритъм за класификация на човешка активност чрез дълбока невронна мрежа;
- Разработване на метод и алгоритъм за откриване на взаимодействие индивид-обект чрез дълбока невронна мрежа;
- Разработване на метод и алгоритъм за откриване на аномална активност чрез дълбока невронна мрежа;
- Разработване на метод и алгоритъм за разпознаване на човешка активност в многоракурсна система;
- Провеждане на експерименти за проверка на действието на разработените алгоритми чрез програмна реализация и готови набори от данни, за оценка на тяхната ефективност.

Методиката на изследване, избрана от автора маг. инж. Пламен Христов, е в съответствие с поставената цел на дисертацията и подпомага решаването на задачите, дефинирани за нейното постигане.

## 4. Научни, научно-приложни приноси на дисертационния труд. Значимост на приносите за науката и практиката.

Авторът маг. инж. Пламен Христов претендира за пет приноса в дисертационния труд. Обособяването им може да бъде най-общо категоризирани като:

*Научно-приложни*

- Предложен е комбиниран, каскаден подход за разпознаване на човешка активност, включващ конволюционна невронна мрежа (CNN) и машина с поддържащи вектори (SVM) и е постигната висока точност върху общодостъпна база от данни (Глава 2, точка 2.2);
- Предложена е архитектура на комбинирана невронна мрежа за откриване на аномална човешка активност, включваща едномерна конволюционна невронна мрежа (1DCNN) и мрежа с дълга краткосрочна памет (LSTM). Това позволява предсказване на наличие на аномалия за всеки кадър или за цяла последователност и представя изхода като полутонов вероятностен коефициент и позволява дефиниране на праг за аномална активност (Глава 2, точка 2.3.);
- Предложен е алгоритъм за покадрова класификация на активности и откриване на наличие на взаимодействие между индивид и обект, включващ трансферно обучение на YOLOv5 DNN за откриване на обекти в отделени работни прозорци от цветовете кадри (Глава 2, точка 2.4.);
- Предложен е алгоритъм за разпознаване на многоракурсни активности от скелетони чрез сливане на данните. Постигната е класификационна точност от 66.7% преди сливане на данните и 72% след сливане на данните при класификатор от множество Марковски модели (Глава 3, точка 3.3.);

*Приложни приноси:*

- Проведени са експериментални изследвания за доказване на правилната работа на алгоритмите (Глава 4, точки 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.2.1 и 4.2.2).

**5. Преценка на публикациите по дисертационния труд.**

Авторът маг. инж. Пламен Христов е представил четири броя публикации към дисертационния труд. Първи автор е и в четирите статии. Проверка в базата данни Scopus показва, че авторът е с h-index 2. В дадената по-долу таблица са представени обобщено точките и цитиранията на представените статии:

Публикация	Показател	Точки	Цитирания
D1	Г7	10	2
D2	Г7	13.33	7
D3	Г7	40	10
D4	Г7	13.33	
	Общо	76.66	19

Таблица I. Обобщени показатели от публикациите по дисертационен труд на маг. инж. Пламен Христов

Разработките на автора са представени по подходящ начин и рецензирани в международни научни форуми и списания. В допълнение, откритите вече 19 цитата в Scopus свидетелстват за качествена научна продукция. Представените публикации отговарят на минималните изисквания по ЗРАСРБ, Правилника за неговото прилагане и ПУРПНС на ТУ-София.

## 6. Мнения, препоръки, бележки.

Към дисертационния труд нямам съществени забележки.

Сред предложените алгоритми и архитектурни модели на невронни мрежи с дълбочинно обучение, в текста някои от тях са декларирани като методи. На места са обявени използвани прагови стойности, като не е упомената обосновка за тяхното въвеждане.

Напрвените наблюдения имат формален характер и не намаляват стойността на представената разработка. Към бъдещата работа на докторанта маг. инж. Пламен

Христов давам препоръка да продължи изследванията в областта на разпознаването на човешки активности и да допринесе с участие в научно-приложни проекти с международно финансиране.

## 7. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд.

Представената научна работа притежава необходимата актуалност, научна новост и практическа значимост на докторска дисертация и отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за неговото прилагане и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ-София. Представените научно-приложни и приложни приноси, както и професионалните и изследователски качества на маг. инж. Пламен

Христов го представят като утвърден учен в областта на визуалния анализ на човешки активности в киберфизични системи.

На база на изложеното давам положителна оценка на дисертационния труд и предлагам на научното жури на докторанта маг. инж. Пламен Христов да бъде присъдена образователната и научна степен "доктор" в област 5. Технически науки, професионално направление 5.3 "Комуникационна и компютърна техника" по научна специалност "Телевизионна и видео техника."

дата: 10.01.2025г.

гр. София

Подпис: ....

/доц. д-р инж. Страхил Соколов/

10.01.2025  
[Redacted]  
[Redacted]



**OPINION**

On a dissertation work for the acquisition of an educational and scientific degree  
"Doctor"

Author of the dissertation: *Plamen [Redacted] Hristov, Eng. MSc.*

Dissertation topic: *"VISUAL ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF INDIVIDUALS  
IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS"*

field of higher education: *5. Technical Sciences*

professional field: *5.3. Communications and Computer Technology*

Scientific specialty: *Television and Video Technology*

Scientific supervisor: *Assoc. Prof. Agata [Redacted] Manolova, Eng. PhD., TU-Sofia,  
Faculty of Telecommunications and Prof. Ognian [Redacted] Boumbarov, Eng.  
PhD., TU-Sofia, Faculty of Telecommunications*

Member of the scientific jury: *Assoc. Prof. Strahil [Redacted] Sokolov, Eng. PhD,  
University of Telecommunications and Post, Department of Telecommunications,  
Faculty of Telecommunications and Management*

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

Recognition of human behavior elements is of great importance for human-robot interaction, enabling the robot to recognize human body movements. Current research can be roughly categorized into RGB-based methods, depth-based methods, and skeleton-based methods. Compared to RGB data, depth representations of actions are less affected by occlusions and background clutter. In addition to depth information, skeleton data directly capture the human body structure while having less redundant information. Moreover, skeleton data can be easily accessed in real-time thanks to the availability and availability of depth sensors.

The author has prepared a thorough review and analysis of the use of deep neural networks for visual analysis of an individual's behavior in cyber-physical systems. The challenges related to training time and data volume in the training sample are highlighted, with some possible solutions proposed, such as data fusion from multiple perspectives and pose optimization. A justified reference is made to one-shot learning and determining 3D pose as a complementary method to the fusion of 2D poses from multiple views.

The presented scientific work, the analysis of the current state, and the described ideas contain relevance and prospects for future research. The author, Plamen [Redacted] Hristov, Eng. MSc demonstrates a deep understanding of the subject matter and proposes innovative approaches for its solution, making the dissertation work relevant and significant for discussion.

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

The dissertation work of the author, Plamen Hristov, Eng. MSc is based on 103 references, the majority of which were published in the last decade. The author demonstrates knowledge of various methods for recognition of human activities, including single and multi-view systems, as well as the use of deep neural networks. The author also highlights the challenges associated with the invasive nature of traditional methods such as moCap and inertial sensors. Based on this, he proposes the use of skeletons as a alternative solution.

The Ph.D. student Plamen Hristov, Eng. MSc provides a comprehensive literature review and demonstrates familiarity with the current trends and challenges in the field of visual analysis of human behavior in cyber-physical systems and proposes innovative approaches for their solution, defined in the dissertation's goal and objectives.

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

The main objective of the dissertation work presented by the author, Mag. ing. Plamen Hristov, is to develop methods and algorithms for the analysis of human activity in both single and multi-view systems with increased practical application value.

To achieve this goal, the author has prepared the following sets of tasks:

- ◆ To realize the above goal, the author has committed to using freely available databases containing annotated and segmented activities and actions (simple activities) from skeletons captured using Kinect® sensors.
- ◆ Developing a combined method and algorithm for classifying human activity using a deep neural network;
- ◆ Developing a method and algorithm for detecting person-object interaction using a deep neural network;
- ◆ Developing a method and algorithm for detecting anomalous activity using a deep neural network;
- ◆ Developing a method and algorithm for recognizing human activity in a multi-view system;
- ◆ Conducting experiments to verify the operation of the developed algorithms through software implementation and ready-made data sets, to assess their effectiveness.

The research methodology chosen by the author, Plamen Hristov, Eng. MSc. is in accordance with the stated goal of the dissertation and supports the solving of the tasks defined for its achievement.

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

The author Plamen Hristov MSc claims five contributions to the dissertation work. They can be categorized in general as follows:

##### *Scientific-applied contributions:*

- A combined, cascading approach for recognizing human activity has been proposed, involving a Convolutional Neural Network (CNN) and a Support Vector Machine (SVM), achieving high accuracy on a publicly available dataset (Chapter 2, section 2.2);
- An architecture for a combined neural network for detecting anomalous human activity has been proposed, incorporating a one-dimensional Convolutional Neural Network (1DCNN) and a Long Short-Term Memory network (LSTM). This enables prediction of anomaly presence for each frame or for an entire sequence and presents the output as grayscale probabilistic coefficient, allowing the definition of an anomaly activity threshold (Chapter 2, section 2.3);
- An algorithm for framewise classification of activities and detection of interaction between an individual and an object has been proposed, involving transfer learning of the YOLOv5 DNN for object detection in separate working windows from the color frames (Chapter 2, section 2.4);
- An algorithm for recognizing multi-view activities from skeletons through data fusion has been proposed. A classification accuracy of 66.7% was achieved before data fusion and 72% after data fusion using a Markov model classifier (Chapter 3, section 3.3);

##### *Applied contributions:*

- Experiments have been conducted to demonstrate the correct operation of the algorithms (Chapter 4, sections 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.2.1, and 4.2.2).

#### 5. Evaluation of publications on the dissertation work.

The author, Plamen Hristov, Eng. MSc has submitted four publications in support of the dissertation work. He is the first author in all four articles. A check in the Scopus database shows that the author has an h-index of 2. The table below provides a summary of the points and citations for the presented articles:

Publication	Indicator	Score	Citations
D1	G7	10	2
D2	G7	13.33	7
D3	G7	40	10
D4	G7	13.33	
	<b>Total</b>	<b>76.66</b>	<b>19</b>

Table I. Summary of indicators from dissertation publications of Plamen Hristov.

The author's scientific works have been presented in an appropriate manner and reviewed in international scientific forums and journals. Additionally, the 19 citations already found in Scopus show the quality of the scientific output. The submitted publications comply with the minimum requirements of the Academic Staff Development Act in the Republic of Bulgaria and the Regulations for its

Implementation, and the TU-Sofia's Regulation on the Conditions and Order of Acquisition of Scientific Degrees (RCOASD).

#### **6. Opinions, recommendations and notes.**

I do not have significant remarks to the presented dissertation work.

Among the proposed algorithms and architectural models of deep learning neural networks, some are declared as methods in the text. In some sections, threshold values are announced without mentioning the justification for their introduction.

The observations made have a formal character and do not diminish the value of the presented scientific work. For the future work of the doctoral student, Plamen Hristov, Eng. MSc I recommend continuing the research in the field of human activity recognition and contributing through participation in scientifically applied projects with international funding.

#### **7. Conclusion with a clear positive or negative assessment of the dissertation work.**

The presented scientific work possesses the necessary relevance, scientific novelty, and practical significance of a doctoral dissertation and meets the requirements of the Academic Staff Development Act in the Republic of Bulgaria (ASDA), the Regulations for its implementation and the RCOASD at TU-Sofia. The presented scientific and applied contributions, as well as the professional and research qualities of Plamen Hristov, Eng. MSc show him as an established scientist in the field of visual analysis of human activities in cyber-physical systems

I hereby give a favourable evaluation of the dissertation and propose to the scientific jury that the PhD student Plamen Hristov, Eng. MSc be awarded the degree of "Doctor" the scientific field 5. "Technical Sciences", professional field 5.3 "Communication and Computer Technology" in the scientific specialty "Television and Video Technology".

Date: January 10, 2025

Signature jury member:

SOFIA

/Assoc. Prof. Strahil

Sokolov, Eng. PhD/