

ФАЗА-НС1-054

ФАКУЛТЕТ АВТОМАТИКА

Вх. № 13-4/05.06.2026г.

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“ в област на висшето образование: 5. „Технически науки“, професионално направление: 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Анастасия Владимировна Славова

Тема на дисертационния труд: „Системи с дълбоко обучение при автономните мобилни работи“

Рецензент: доц. д-р Марин Милков Жилевски

**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.**

Разглежданият в дисертационния труд проблем е актуален както в научно, така и в научноприложно отношение. Автономните мобилни работи и интелигентната навигация са сред най-бързо развиващите се направления в съвременната роботика и изкуствения интелект, особено при работа в динамични среди без предварително изградени карти и GPS позициониране.

Докторантката правилно е идентифицирала ограниченията на традиционните навигационни методи и е насочила изследванията си към използването на обучение с подсилване за реализиране на адаптивно и интелигентно поведение на автономен агент. Поставените задачи са ясно формулирани и съответстват на целта на дисертационния труд.

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

Докторантката демонстрира много добро познаване на съвременното състояние на изследванията в областта на дълбокото машинно обучение, обучението с подсилване и автономната роботика. Литературният обзор съдържа критичен анализ на основните подходи и алгоритми, използвани при автономната

навигация, като е направен обоснован избор на подходящи методи и архитектури за решаване на поставените задачи.

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

Избраната методика е напълно адекватна на поставените цели и задачи, включваща анализ на съществуващи алгоритми, изграждане на симулационна среда, обучение на модели, оптимизация на архитектури и експериментална проверка в реална среда.

Особено положително следва да се оцени използването на няколко симулационни среди и интеграцията на ROS2, Gazebo и реална роботизирана платформа Yahboom RDK X3. Проведен е систематичен анализ на влиянието на различни хиперпараметри, функции на възнаграждение и архитектури на невронни мрежи върху качеството на обучението и поведението на робота.

Методиката позволява надеждна проверка на работоспособността и ефективността на разработените модели и е напълно съобразена със съвременните изисквания за научни изследвания в областта.

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

Получените резултати се основават на значителен по обем теоретичен и експериментален материал, получен в симулационна и реална среда. Изследването използва съвременни методи от областта на дълбокото машинно обучение и обучението с подсилване, като са анализирани и сравнени водещи алгоритми за автономна навигация на мобилни роботи.

Положителна оценка заслужава последователният подход, включващ както симулационни изследвания, така и експериментална верификация върху реална роботизирана платформа. Проведените експерименти са достатъчни по обем и разнообразие, а използваните количествени показатели позволяват обективна оценка на ефективността на предложените решения.

Достоверността на получените резултати се потвърждава чрез сравнителен анализ на различни модели, както и чрез успешното валидиране на разработените алгоритми в реална среда. Използваният материал е задълбочено анализиран и осигурява необходимата научна обосновааност на формулираните научни и научноприложни приноси на дисертационния труд.

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

Приносите в дисертационния труд са класифицирани като научно-приложни и приложни.

Към научно-приложните приноси се отнасят: разработването на модел за автономна навигация на мобилен робот без необходимост от предварително изградени карти и GPS позициониране; формулиране и експериментално валидиране на модел на зависимостта между входните сензорни параметри, структурата на функцията на възнаграждение и характеристиките на научената навигационна политика; направен е задълбочен анализ на сходимостта и робастността на навигационен модел, базиран върху метода PPO; предложен е модифициран механизъм за ефективно използване на буфер на опит; разработен е адаптивен механизъм за динамично регулиране на скоростта на обучение.

Към приложните приноси се отнасят: разработена е интегрирана симулационна среда (Gazebo) за изследване на навигацията чрез обучение с подсилване; реализирана е експериментална система за автономна навигация с ограничен набор сензори, приложима в индустриални затворени пространства; изградена е реална експериментална установка за валидиране на навигационни политики чрез физически робот; успешно е осъществен и експериментално валидиран пренос на обучен в симулационна среда модел към физическа роботизирана платформа; разработени са метрики за оценка на безопасността и обобщаемостта на модели, базирани на обучение с подсилване, в реална среда; реализирана е система за управление въз основа на ROS2, демонстрираща възможност за намаляване на хардуерната сложност чрез използване на бюджетни сензори.

Считам, че приносите съответстват на съдържанието на дисертационния труд и имат научно-приложна и практическа стойност.

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

От съдържанието на дисертационния труд, публикациите и начина на представяне на резултатите ясно личи значителното лично участие на докторантката във всички етапи на изследването – анализ на литературни източници, моделиране, разработване на програмна реализация, провеждане на експерименти, обработка и анализ на резултатите.

Считам, че представените резултати и приноси са в преобладаваща степен лично дело на дисертанта.

## **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.**

Към дисертационния труд са приложени седем научни публикации, индексирани в базата данни на Scopus и Web of Science, свързани с темата на дисертацията. Пет от научните публикации са в съавторство с научния ръководител. Публикациите отразяват основните резултати от научните изследвания и са на необходимото научно ниво.

Добро впечатление прави наличието на три цитирания на приложените научни трудове.

Считам, че публикационната дейност е достатъчна за представяне на основните резултати от дисертационния труд и съответства на изискванията за придобиване на образователната и научна степен „доктор“.

## **8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. Наличие на постигнат пряк икономически ефект и пр. Документи, на които се основава твърдението.**

Резултатите от дисертационния труд намират приложение преди всичко в научноизследователската практика в областта на автономните мобилни роботи, изкуствения интелект и обучението с подсилване. Част от разработките са реализирани и валидирани в рамките на научноизследователски проект № 242ПД0019-08 „Дълбоко обучение за *Reinforcement Learning* при автономни

мобилни роботи“, което представлява пряко доказателство за практическата насоченост и приложимостта на проведените изследвания.

Научната значимост на постигнатите резултати се потвърждава както от публикуването им в международни научни форуми, индексирани в Scopus, така и от наличието на независими цитирания в публикации на чуждестранни автори. Това свидетелства за интерес към разработките и за възможността те да бъдат използвани като основа за бъдещи изследвания в областта.

Към момента не са представени документи, удостоверяващи реализиран пряк икономически ефект или индустриално внедряване на разработените решения. Независимо от това считам, че резултатите притежават значителен потенциал за бъдещо практическо приложение и икономическа реализация в областта на интелигентните автономни системи и роботиката.

**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.**

Авторефератът е разработен в обем от 32 страници и е изготвен в съответствие с утвърдените изисквания за оформяне на автореферати към дисертационни трудове за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“.

В него са представени по ясен, структуриран и логически последователен начин целта, задачите, използваните методи на изследване, получените резултати и формулираните научни и научноприложни приноси. Отразени са основните постановки на дисертационния труд, както и най-съществените експериментални резултати и направените въз основа на тях изводи.

Считам, че авторефератът коректно и адекватно представя съдържанието на дисертационния труд и дава обективна представа за постигнатите научни резултати и приноси на докторанта.

**10. Мнения, препоръки и бележки.**

Нямам съществени критични бележки към представения дисертационен труд.

Считам, че разработката е изпълнена на високо научно и професионално ниво, като поставените цели и задачи са реализирани успешно, а получените резултати и формулираните научни и научноприложни приноси са убедително доказани.

Препоръчвам на докторантката да продължи своите научни изследвания в тази перспективна и динамично развиваща се област на изкуствения интелект, обучението с подсилване и автономните роботизирани системи, където са налице отлични предпоставки за бъдещи значими научни и приложни постижения.

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

Оценката ми за представения дисертационен труд и цялостната научноизследователска работа на докторантката е категорично положителна.

Представеният дисертационен труд съдържа актуални, оригинални и значими научни и научноприложни резултати, които представляват принос в областта на автономните роботизирани системи, дълбокото машинно обучение и обучението с подсилване. Поставените цели и задачи са успешно изпълнени, а формулираните научни и научноприложни приноси са убедително доказани чрез проведените теоретични и експериментални изследвания.

Въз основа на изложеното считам, че дисертационният труд напълно съответства на изискванията на „Закона за развитието на академичния състав в Република България“, както и на „Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности“ в Технически университет – София за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“.

Поради това давам положителна оценка на дисертационния труд и убедено предлагам на научното жури да присъди на маг. инж. Анастасия Владимировна Славова образователната и научна степен „Доктор“ по професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“, докторска програма „Системи с изкуствен интелект“.

Дата: 05.06.2026 г.

РЕЦЕНЗЕНТ:

*ML*

(доц. д-р Марин Жилевски)

*Върно с оригинала*



ФАЗИ-НС1-054

ФАКУЛТЕТ АВТОМАТИКА

Врх. № 13-4/05.06.2026г.

## REVIEW

of a PhD Dissertation for the Award of the Educational and Scientific Degree "Doctor" in the Higher Education Area: 5. Technical Sciences, Professional Field 5.2. Electrical Engineering, Electronics and Automation

**Dissertation Author:** M.Eng. Anastasia Vladimirovna Slavova

**Dissertation Title:** "Deep Learning Systems for Autonomous Mobile Robots"

**Reviewer:** Assoc. Prof. PhD Marin Milkov Zhilevski

### **1. Relevance of the Research Problem Addressed in the Dissertation from Scientific and Applied Research Perspectives.**

The problem addressed in the dissertation is highly relevant from both scientific and applied research perspectives. Autonomous mobile robots and intelligent navigation are among the fastest-developing areas in modern robotics and artificial intelligence, particularly when operating in dynamic environments without pre-built maps and GPS positioning.

The doctoral candidate has correctly identified the limitations of conventional navigation methods and has focused her research on reinforcement learning approaches for achieving adaptive and intelligent behavior of autonomous agents. The research objectives and tasks are clearly formulated and fully aligned with the overall goal of the dissertation.

### **2. Degree of Knowledge of the State of the Art and Creative Interpretation of the Literature.**

The doctoral candidate demonstrates an excellent understanding of the current state of research in the fields of deep learning, reinforcement learning, and autonomous robotics. The literature review includes a critical analysis of the main approaches and algorithms used for autonomous navigation and provides a well-justified selection of appropriate methods and architectures for solving the research tasks.

### **3. Compliance of the Selected Research Methodology with the Objectives and Tasks of the Dissertation.**

The selected methodology is fully appropriate for achieving the stated objectives and tasks. It includes the analysis of existing algorithms, development of simulation environments, model training, architecture optimization, and experimental validation in real-world conditions.

Particularly noteworthy is the use of multiple simulation environments and the integration of ROS2, Gazebo, and the Yahboom RDK X3 robotic platform. A systematic analysis has been carried out regarding the influence of different hyperparameters, reward functions, and neural network architectures on training performance and robot behavior.

The methodology enables reliable verification of the functionality and effectiveness of the developed models and fully complies with current scientific research standards in the field.

### **4. Analytical Assessment of the Material and Evaluation of Its Reliability as the Basis for the Dissertation Contributions.**

The obtained results are based on a substantial body of theoretical and experimental material collected in both simulation and real-world environments. The study employs modern deep learning and reinforcement learning methods and includes analyses and comparisons of leading algorithms for autonomous mobile robot navigation.

A particularly positive aspect is the consistent approach combining simulation-based studies with experimental validation on a real robotic platform. The conducted experiments are sufficiently comprehensive and diverse, while the applied quantitative performance metrics enable an objective evaluation of the proposed solutions.

The reliability of the obtained results is demonstrated through a comparative analysis of different models, as well as through the successful validation of the developed algorithms in a real-world environment. The material used has been thoroughly analyzed and provides a sound scientific basis for the formulation of the scientific and applied contributions of the dissertation.

## **5. Scientific and/or Applied Scientific Contributions of the Dissertation.**

The contributions presented in the dissertation can be classified as scientific-applied and practical contributions.

The scientific-applied contributions include: the development of a model for autonomous mobile robot navigation without the need for pre-built maps and GPS positioning; the formulation and experimental validation of a model describing the relationship between sensory input parameters, reward function structure, and the characteristics of the learned navigation policy; a comprehensive analysis of the convergence and robustness of a PPO-based navigation model; the proposal of a modified mechanism for efficient experience replay utilization; and the development of an adaptive learning-rate adjustment mechanism.

The practical contributions include: the development of an integrated Gazebo simulation environment for reinforcement learning-based navigation research; implementation of an experimental autonomous navigation system using a limited set of sensors suitable for industrial indoor environments; construction of a real experimental platform for validating navigation policies using a physical robot; successful transfer and experimental validation of a model trained in simulation on a physical robotic platform; development of safety and generalization metrics for reinforcement learning-based models operating in real environments; and implementation of a ROS2-based control system demonstrating the possibility of reducing hardware complexity through the use of low-cost sensors.

I consider these contributions to be fully consistent with the content of the dissertation and to possess significant scientific, applied, and practical value.

## **6. Assessment of the Candidate's Personal Contribution.**

The content of the dissertation, the published papers, and the presentation of the results clearly demonstrate the doctoral candidate's substantial personal contribution throughout all stages of the research process, including literature review, modeling, software development, experimentation, data processing, and result analysis.

In my opinion, the presented results and contributions are predominantly the doctoral candidate's own work.

#### **7. Evaluation of the Publications Related to the Dissertation: Number, Quality, and Scientific Impact.**

Seven scientific publications related to the dissertation topic have been presented. They are indexed in Scopus and Web of Science and reflect the main outcomes of the conducted research. Five of the publications have been co-authored with the scientific supervisor.

The publications adequately present the principal research results and meet the required scientific standards. The presence of three independent citations of the published works is also noteworthy.

I consider the publication activity sufficient for disseminating the main results of the dissertation and fully compliant with the requirements for obtaining the educational and scientific degree of "Doctor".

#### **8. Utilization of the Dissertation Results in Scientific and Social Practice. Evidence of Economic Impact.**

The results of the dissertation have found application primarily in scientific research activities related to autonomous mobile robots, artificial intelligence, and reinforcement learning. Part of the developed solutions has been implemented and validated within Research Project No. 242PD0019-08, "*Deep Learning for Reinforcement Learning in Autonomous Mobile Robots*", which constitutes direct evidence of the practical orientation and applicability of the conducted research.

The scientific significance of the achieved results is confirmed by their publication in international scientific forums indexed in Scopus, as well as by independent citations from foreign researchers. This demonstrates scientific interest in the developed solutions and their potential use as a foundation for future research.

At present, no documents have been provided demonstrating direct economic impact or industrial deployment of the developed solutions. Nevertheless, the obtained

results possess considerable potential for future practical implementation and economic exploitation in the field of intelligent autonomous systems and robotics.

#### **9. Evaluation of the Dissertation Abstract and Its Adequacy in Reflecting the Main Results and Contributions.**

The dissertation abstract comprises 32 pages and has been prepared in accordance with the established requirements for doctoral dissertation abstracts.

The objectives, research tasks, methodology, obtained results, and scientific and applied contributions are presented in a clear, structured, and logically consistent manner.

The abstract adequately reflects the main statements of the dissertation, the most significant experimental results, and the conclusions derived from them.

I believe that the abstract accurately represents the content of the dissertation and provides an objective overview of the scientific achievements and contributions of the doctoral candidate.

#### **10. Opinions, Recommendations, and Remarks.**

I have no substantial critical remarks regarding the dissertation.

The research has been conducted at a high scientific and professional level. The stated objectives and tasks have been successfully accomplished, and the obtained results and scientific contributions have been convincingly demonstrated.

I encourage the doctoral candidate to continue her research activities in this promising and rapidly developing field of artificial intelligence, reinforcement learning, and autonomous robotic systems, where excellent opportunities exist for future scientific and practical achievements.

#### **11. Conclusion and Final Evaluation.**

My overall assessment of the dissertation and the doctoral candidate's research work is unequivocally positive.

The dissertation contains relevant, original, and significant scientific and applied research results that constitute a valuable contribution to the fields of autonomous robotic systems, deep learning, and reinforcement learning. The research objectives have been

successfully achieved, and the stated scientific and applied contributions have been convincingly validated through theoretical and experimental investigations.

In view of the above, I am of the opinion that the dissertation fully satisfies the requirements of the "Academic Staff Development Act of the Republic of Bulgaria" and the "Regulations of the Technical University of Sofia" governing the award of academic degrees and appointment to academic positions, and therefore meets the criteria for the conferment of the educational and scientific degree of "Doctor" (PhD).

Therefore, I give a positive evaluation of the dissertation and confidently recommend that the Scientific Jury award M.Eng. Anastasia Vladimirovna Slavova the educational and scientific degree Doctor in Professional Field 5.2 "Electrical Engineering, Electronics and Automatics", Doctoral Programme "Artificial Intelligence Systems".

Date: 05 June 2026

REVIEWER:

*M*

Assoc. Prof. PhD Marin Zhilevski

*Вярно с оригинала*

