

РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Вельо Енев Василев**

Тема на дисертационния труд: **„Нови алгоритми и модели за работа на интелигентни агенти-асистенти в рисковата среда“**

професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“

Научна специалност: „Системи с изкуствен интелект“

Рецензент: **проф. д-р инж. Милена Николова Милева-Карова**



1. Обща характеристика на дисертационния труд

Дисертационният труд е оформен в увод, четири глави, заключение, списък с приноси, списък с публикации по дисертационния труд, списък с цитирания, списък с участия в научно-изследователски проекти, библиография, списък с фигури, списък с таблици и списък с използвани съкращения и термини. Общият обем е 133 страници, като включва 37 фигури и 11 таблици. Списъкът на използваната литература включва 230 литературни източника, по-голяма част от тях са от последните 10 години.

Дисертационният труд е посветен на методи за представяне и моделиране на знания и алгоритми за вземане на решения, методи за машинно обучение и използването им за моделиране на рационално поведение на интелигентни агенти-асистенти в рисковата среда.

В първа глава е представен много детайлизиран анализ на алгоритмите за машинно обучение и приложенията за виртуална реалност, използвани в областта на енергетиката. Разгледани са много подробно алгоритми за машинно обучение за насочване на евакуация от опасни среди и предотвратяване на повреди, за прогнозиране на пожари, за намиране на съвременни решения на проблеми като: справяне с въглеродни емисии, радиоактивни отпадъци, ускоряване на намирането на нови елементи за ядрено гориво, за диелектрици и други. Направен е анализ за използване на алгоритми от машинното обучение в проекти за виртуална реалност. Направени са 3 обстойни изводи, свързани с работа в рисковата среда и в частност в областта на енергетиката, необходимостта от виртуален интелигентен агент за комуникация, слеждане и реакция при аварийни ситуации. Формулирани са целите и задачите на дисертационния труд.

Втора глава е посветена на моделиране на поведението на виртуален агент в случай на рисковата ситуация във виртуална електрическа подстанция. Основните акценти са насочени към проектиране на поведението на открита разпределителна уредба с динамично възникващи аварии и провеждане на профилактичен обход. Моделирано е поведението на интелигентен виртуален агент в рисковата ситуация със смяна на цели и приоритети. С помощта на виртуален аватар, управляван от потребителя, е симулирано извършването на рутинен профилактичен обход на електрическа подстанция. Проведено е емпирично проучване, с ограничен брой потребители, което показва тяхната положителна нагласа и готовност да използват обучаващ интелигентен агент-асистент, базиран на полезност в рисковата среда.

Трета глава представя методи и средства за адаптивно поведение на интелигентен агент при евакуация. Много подробно е описана модификация на Q-learning алгоритъма, наречен Intensity of Characteristic Q-learning (InCh Q-learning), който е алгоритъм за обучение със стимулиране за откриване на най-кратък и същевременно най-безопасен път за евакуация. Предложено е каскадно използване на две невронни мрежи, които бързо и ефективно намират най-подходящия план за евакуация във вредна работна среда. Проведените

експерименти с прилагането на алгоритъм за евакуация, който използва множество планове, показват неговите предимства при постигането на адаптивно поведение на обучаващи се интелигентни агенти в рискова среда. Получени са таблици с представяне на експерименталните резултати и са направени обобщени изводи.



Четвърта глава е посветена на моделиране и изследване на ефективността на виртуални агенти в сценарии за рискова среда. Моделирани са обучаващи среди за обучение на модел виртуален дрон за гасене на пожар, виртуален агент в ролята на електроинженер,. Направен е обстоен анализ на ефективността на интелигентния виртуален асистент в рискова среда. Представен е обобщен мрежов модел, който анализира ефективността на интелигентния виртуален асистент. За целта се използват индексирани матрици на преходите в моделите. При изследването на модел на виртуален електроинженер, който трябва да извърши спасителни операции при различни сценарии за обучение се използват алгоритмите за дълбоко обучение чрез стимулиране SAC, PPO и алгоритмите за имитационно обучение GAIL и BC, поддържани от Unity ML-Agent инструментариума. Резултатите показват, че тези алгоритми са ефективни и може да се използват за решаване на реални задачи. Предложени са четири сценария за провеждане на спасителна операция, които се отнасят за достигане на: статична цел в статична и безопасна среда; динамична цел в статична и безопасна среда; статична цел в статична и опасна среда; динамична цел в динамична и опасна среда.

2. Актуалност на проблема

Дисертационният труд е насочен в изключително нова, актуална и динамична област: дигитализация на голяма част от индустриалните технологии с използване на съвременни средства: изкуствен интелект и когнитивни системи, машинно самообучение, дълбоко обучение, невронни мрежи, автономни агенти, симулации, добавена реалност, виртуална реалност. Всички те са модерни, ефективни, динамични, стратегически и откриват нови възможности пред науката и научните изследователи. Дисертантът работи в реална интердисциплинарна област, свързана с познания от различни области на науката и практиката. В дисертационния труд са изследвани и разработени методи и средства за представяне и моделиране на знания и алгоритми за вземане на решения, методи за машинно обучение и използването им за моделиране на рационално поведение на интелигентни агенти-асистенти в електрическа подстанция, разглеждана като рискова среда. Предложеният модел на интелигентен виртуален агент за работа в рискова среда работи на базата на приложен и подобрен алгоритъм от машинното обучение във виртуален модел на реална електрическа подстанция.

Навлизането на изкуствения интелект в проектирането на нови модели интелигентни агенти, заедно с предимствата на виртуалната среда дават възможности за моделиране на ценностна система на обучаващия се агент, така че да управлява начина, по който постига целите си и да сменя приоритетите си при необходимост. Създава се възможност за социално общуване между агента и потребителите. Могат да се разработят интелигентни интерфейси за обучение и реакции на специалисти в рискови среди. Изграждането на интелигентни тренажори, с много добра ефективност е напълно осъществимо на базата на получените резултати от използването на реалистичния обучаващ се интелигентен агент.

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

В настоящия дисертационния труд е направен подробен литературен обзор на голям набор от литературни източници. Разглеждат се състоянието и достиженията на съвременните системи, базирани на методите за машинно обучение за моделиране на рационално поведение на интелигентни агенти-асистенти в рисковата среда на електрическите подстанции. Предлага се анализ на текущото състояние и актуалността на тематиката. Разглеждат се методи и алгоритми за реализация на интелигентен обучаващ се

агент-асистент в рискова среда. Акцентираще се върху проектирането и прилагането на алгоритми за машинно обучение на интелигентни агенти-асистенти с отчитане на различни характеристики на аварийната ситуация или бедствието. Много добре се анализират и прилагат модели на виртуални интелигентни агенти-асистенти, използвани във виртуална реалност за обучение на специалисти за работа в рисковата среда. Проведени са експерименти за оценка, валидация и верификация на предложената архитектура, на алгоритми за обучение и модели на виртуални интелигентни агенти-асистенти в рисковата среда. Разработени са статистически методи за обработка и представяне на получените експериментални данни.

Добрата интерпретация на литературния материал, задълбоченият анализ и направените изводи в главите на дисертационния труд, доказват висока степен на познаване на състоянието на проблема от страна на докторанта. Като резултат са дефинирани целта на дисертационния труд и конкретните научноизследователски задачи.

4. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд

Представените в дисертационния труд резултати са получени въз основа на задълбочен теоретичен анализ на нови алгоритми и модели за поведение на интелигентни виртуални обучаващи се агенти-асистенти в рискова среда. Разработването на реалистичен прототип на електрическа подстанция с използване на виртуална реалност и прилагането и в моделирането и изследването на поведението на интелигентен виртуален агент в рискова среда, решава напълно поставените в дисертационния труд задачи.

Изследването на ефективността на различни алгоритми за обучение със стимулиране в рискова среда, модифицирането на вече съществуващи алгоритми с цел повишаване на тяхната ефективност, предлагането на нови алгоритми и модели за обучение с решаващо за успеха на направените изследвания. Прилагането на математически апарат на обобщените мрежови модели за изследване и анализ на поведението на интелигентен виртуален агент-асистент в рискова среда, доразвива постиженията в областта на моделите и алгоритмите за поведение на интелигентни виртуални обучаващи се агенти.

5. Приноси по дисертационната работа

Приемам формулираните от автора приноси, които са обобщени в Приноси по дисертационния труд и могат да бъдат систематизирани като научни, научно-приложни и приложни както следва:

Научни приноси:

1. Предложен е обобщено-мрежов модел за изследване на ефективността и поведението на интелигентен агент-асистент за работа в рискова среда.

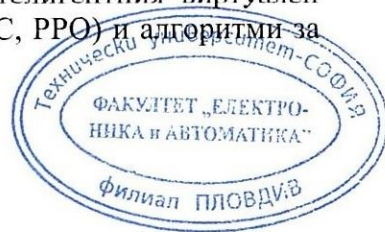
Научно-приложни приноси:

1. Представена е нова архитектура на обучаващ се интелигентен виртуален агент за работа в рискова среда, базиран на полезност, който сменя приоритетите си с цел да обучава потребителите когато е безопасно и да ги евакуира и спаси при възникване на авария;
2. Изследвано е поведението на интелигентни виртуални асистенти в рискова среда за доказване на необходимостта те да имат роля, която им дава социална власт като лидери; да притежават пространствени знания, знания за използването и наличието на противопожарна екипировка, знания за развитието на рисковата ситуация; да имат емоции, приоритети и умения за социално общуване;
3. Предложен е алгоритъм Intensity of Characteristic Q-learning algorithm (InCh Q-learning) за намиране на оптимален път за евакуация чрез използване на данни за интензивността на характеристиките на пожара;

4. Предложен е подход за постигане на адаптивно поведение на интелигентен агент в рисковата среда чрез използване на множество планове и две невронни мрежи, които подпомагат избора на конкретен план;
5. Направен е анализ на ефективността на поведението на интелигентния виртуален агент, обучени с алгоритми за обучение със стимулиране (SAC, PPO) и алгоритми за обучение с имитация (BC, GAIL).

Приложни приноси:

1. Предложени са прототипи и 3D модели на:
 - a. Реално съществуваща открита разпределителна уредба.
 - b. Обучаващ се виртуален агент-асистент, който може да обучава потребители в рисковата среда; да смени приоритетите си при възникване на авария; да изпълни последователност от действия при реализирането на спасителна операция.
 - c. Виртуална електрическа подстанция с динамично възникващи аварии, причинени от метеорологичните условия.



Постигнатите научноизследователски резултати са актуални и значими в научен и научно-приложен аспект и с успех могат да се използват за бъдещи научно-практически разработки.

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

Считам, че докторантът в значителна степен, изцяло с участвал при извършване на отделните етапи от изследванията в дисертационния труд. Представените научни, научно-приложни и приложни приноси са лично дело на маг. инж. Вельо Василев, под научното и методическо ръководство на неговите научни ръководители доц. д-р инж. Дилиана Будакова и доц. д-р инж. Станимир Стефанов. Доказателство за това са публикациите на докторанта и участието в различни изследователски проекти.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Получените от автора резултати от дисертационното изследване са публикувани в 9 научни статии, от които 1 самостоятелна и останалите в съавторство с научните ръководители. Всички публикации са индексирани в международната БД Scopus. 6 от статиите са докладвани на международни научни конференции, проведени в България, 3-статии са докладвани на международни конференции в чужбина. Публикациите са направени в периода 2023-2025 година и покриват тематиката на представената дисертационна работа като отразяват основните постигнати резултати и приноси. Представени са данни за 2 цитирания на публикациите по дисертационния труд. В направена справка в международната индексирана база Scopus се вижда, че докторантът има още 6 цитирания върху свои публикации. Хирш факторът е 2. Докторантът има участие в 2 научни проекта с тематика, свързана с темата на докторантския труд.

Оценявам публикационната дейност на докторанта като отлична и считам, че резултатите от работата по дисертационния труд са станали в достатъчна степен достояние на българската и международната научна общност. Доказателство за това твърдение са осемте цитати в международната БД Scopus.

Публикациите по дисертационния труд в количествено и качествено отношение напълно удовлетворяват изискванията за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“.

8. Използване на получените резултати

Не са представени данни (сертификати, удостоверения) за практическо внедряване на получените резултати от научните изследвания и разработки в дисертационния труд. Прави впечатление разработения обобщен мрежови модел за анализ на ефективността на

интелигентния виртуален агент и използването на математически апарат с индексирани матрици. Това дава възможност за по-ефективна оценка на поведението на асистента. Това може да се използва за постигане на адаптивно поведение на агента, да може да контролира начина по който постига целите си и да сменя приоритетите при необходимост. Могат да се създават интелигентни интерфейси за социално общуване между потребителя и агента. Създаденият модел на реалистичен виртуален агент и новите модифицирани алгоритми за обучението му могат да се използват за провеждане на по-нататъшни изследвания с по-сложен модел на тренажор.

Прави впечатление големия брой графики и диаграми, чрез които много точно и ясно са видими направените анализи и обобщения вследствие на проведените експерименти.

Считам, че изследванията в дисертационния труд и постигнатите резултати могат да се използват успешно за изграждане на множество интелигентни виртуални агенти, работещи във виртуални среди с риск, както и технологиите свързани с тях: виртуална среда, алгоритми от машинното обучение, подходи за адаптивно поведение на интелигентен виртуален асистент в рискова среда и адаптивни стратегии за евакуация.

9. Мнения, забележки и препоръки

Дисертационният труд е оформен старателно и прилежно. Видно е високото ниво на компетентност на докторанта, неговите дълбоки познания в областта на: методи и алгоритми за машинно обучение за моделиране на рационално поведение на интелигентни агенти-асистенти в рисковата среда; използване на виртуална реалност за обучение на специалисти за работа в рискова среда; имплементиране на моделите на интелигентни агенти и оценяване на архитектури, алгоритми за обучение и модели на виртуални интелигентни агенти. В тези актуални тематиките работят огромен брой световни изследователи и научни колективи. Докторантът е постигнал поставените цели и задачи в дисертационния труд и на тяхна база е формулирал посочените научни, научно-приложни и приложни приноси. Всички експериментални резултати са публикувани в международни конференции и списания. Голяма част от тях са видими и в международната индексирана база Scopus.

Считам, че дисертационният труд свидетелства за много добро запознаване на автора с разглежданата предметна област, представя голям брой извършени научно-практически изследвания и дава възможност за бъдещи разработки в областта на интелигентните виртуални агенти, работещи в рискова среда.

Към дисертационния труд имам 2 редакторски забележки:

- в текста на дисертационния труд понятието „виртуална реалност“ се среща като съкращение BP и VR. Считам, че трябва да се уеднакви;
- използваните съкращения и термини в Списъка на използвани съкращения и термини трябва да са подредени по азбучен ред, за да се намират по-бързо.

Препоръките ми към автора на дисертационния труд са следните:

- да продължи научните си изследвания по темата на дисертационния труд като ги насочи към разработване и внедряване на други приложения, свързани с изкуствен интелект и интелигентни системи;
- да публикува резултатите от проведените научни изследвания в международни издания с Q ранг.

10. Заключение

Дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за прилагане на закона и съответния Правилник на Техническия университет – София. Проведените научни изследвания са в актуална област и третират проблематика, която е обект на засилен изследователски интерес. Получените

результати съдържат научни, научно-приложни и приложни приноси, които са разпространени и направени достояние на заинтересованата научна общност чрез публикуването им и представянето им на специализирани научни форуми и конференции.

Постигнатите резултати в дисертационния труд ми дават основание да предложа на членовете на научното жури да бъде придобита образователна и научна степен „Доктор“ от маг. инж. Вельо Енев Василев в област на висше образование 5. „Технически науки“, професионално направление – 5.3. „Комуникационна и компютърна техника“, научна специалност - „Системи с изкуствен интелект“.

30.08.2025

гр. Варна

Рецензент:

/проф. д-р Милена Карова/



REVIEW

on a dissertation for obtaining an educational and scientific degree PhD

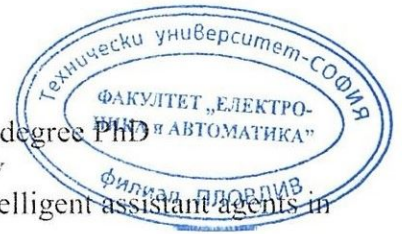
Author of the dissertation: mag. Velyo Vasilev

Dissertation theme: "New algorithms and models for the operation of intelligent assistant agents in a risky environment"

Professional field: 5.3 "Communication and Computer Engineering"

Scientific specialty: " Artificial Intelligence Systems"

Reviewer: Prof. Milena Nikolova Mileva-Karova, PhD



1. General Characteristics of the Dissertation

The dissertation is structured into an introduction, four chapters, a conclusion, a list of contributions, a list of publications related to the dissertation, a list of citations, a list of participations in research projects, a bibliography, a list of figures, a list of tables, and a glossary of abbreviations and terms. The total length is 133 pages, including 37 figures and 11 tables. The references comprise 230 sources, most of which are from the last ten years.

The dissertation is dedicated to methods for knowledge representation and modeling, decision-making algorithms, machine learning methods, and their application in modeling the rational behavior of intelligent assistant agents in risk-prone environments.

Chapter One presents a highly detailed analysis of machine learning algorithms and virtual reality applications in the energy sector. It examines in depth algorithms used for evacuation guidance in hazardous environments, failure prevention, fire prediction, and for addressing modern challenges such as carbon emissions, radioactive waste management, accelerating the discovery of new nuclear fuel elements, dielectrics, and others. The chapter also analyzes the application of machine learning algorithms in virtual reality projects. Three substantial conclusions are drawn regarding operations in hazardous environments, particularly in the energy sector, emphasizing the need for an intelligent virtual agent capable of communication, monitoring, and emergency response. The objectives and research tasks of the dissertation are formulated.

Chapter Two is dedicated to modeling the behavior of a virtual agent in risky scenarios within a virtual electrical substation. The main focus is on designing the behavior of an open switchyard with dynamically occurring faults and routine inspection procedures. The behavior of an intelligent virtual agent is modeled in scenarios requiring changes in goals and priorities. A user-controlled avatar simulates routine preventive inspections in the substation. An empirical study with a limited number of participants demonstrates their positive attitudes and willingness to use an intelligent training assistant based on utility in hazardous environments.

Chapter Three presents methods and tools for adaptive agent behavior during evacuation. It describes in detail a modification of the Q-learning algorithm, termed Intensity of Characteristic Q-learning (InCh Q-learning), which enables reinforcement learning for finding both the shortest and the safest evacuation route. A cascading approach using two neural networks is proposed to rapidly and effectively determine the most appropriate evacuation plan in hazardous workplaces. Experiments with multi-plan evacuation algorithms confirm the advantages of adaptive behavior in training intelligent agents under risk. The chapter presents tables of experimental results and draws summarized conclusions.

Chapter Four is focused on modeling and evaluating the effectiveness of virtual agents in hazardous environment scenarios. Training environments were developed for simulating a virtual drone for firefighting and a virtual agent in the role of an electrical engineer. A comprehensive analysis of the intelligent assistant's efficiency is conducted, supported by a generalized network model using indexed transition matrices. In the case of the virtual electrical engineer, reinforcement learning algorithms (SAC, PPO) and imitation learning algorithms (GAIL, BC), implemented with Unity ML-Agents, were applied. Results show that these algorithms are effective and applicable to real-world tasks. Four rescue scenarios are proposed: reaching a static target in a static safe environment; a dynamic target in a static safe environment; a static target in a static hazardous environment; and a dynamic target in a dynamic hazardous environment.

2. Relevance of the Research Problem

The dissertation addresses a highly contemporary and dynamic field: the digitalization of industrial technologies through advanced tools such as artificial intelligence and cognitive systems, machine learning, deep learning, neural networks, autonomous agents, simulations, augmented reality, and virtual reality. These technologies are modern, effective, strategically significant, and open new opportunities for science and research. The doctoral candidate operates in a genuinely interdisciplinary domain, combining knowledge from multiple scientific and practical areas.

The dissertation investigates and develops methods and tools for knowledge representation and modeling, decision-making algorithms, machine learning methods, and their application to modeling the rational behavior of intelligent assistant agents in an electrical substation considered as a hazardous environment. The proposed model of an intelligent virtual agent relies on an improved machine learning algorithm applied to a virtual model of a real electrical substation.

The integration of artificial intelligence into the design of intelligent agents, combined with the benefits of virtual environments, enables the development of value systems for training agents—guiding how they achieve their goals and adapt their priorities when necessary. It also allows social interaction between the agent and users, supports the design of intelligent training interfaces, and enables efficient intelligent simulators.

3. Degree of Familiarity with the Problem and Interpretation of Literature

The dissertation provides a comprehensive literature review, covering a wide range of sources. It discusses the state-of-the-art in machine learning systems for modeling the rational behavior of assistant agents in hazardous environments, particularly electrical substations. The review analyzes current developments, methods, and algorithms for implementing intelligent training agents in risky contexts. Special attention is given to the design and application of machine learning algorithms for agents that account for different emergency scenarios or disaster characteristics.

The work demonstrates strong analytical skills in interpreting virtual intelligent assistant models applied in virtual reality for training specialists in hazardous environments. Experiments were conducted for evaluation, validation, and verification of the proposed architecture, learning algorithms, and virtual agent models. Statistical methods were applied for processing and presenting experimental data.

The well-structured review, in-depth analysis, and conclusions in the dissertation reflect the doctoral candidate's strong knowledge of the state of the problem. As a result, the research objectives and specific scientific tasks are clearly defined.

4. Consistency of Research Methodology with Goals and Objectives

The results presented in the dissertation are derived from rigorous theoretical analysis of new algorithms and behavioral models for intelligent virtual training agents in hazardous environments. The development of a realistic virtual prototype of an electrical substation and its application in modeling and analyzing agent behavior directly address the dissertation's research tasks.

The study of different reinforcement learning algorithms, the modification of existing algorithms for improved efficiency, and the proposal of new approaches were critical to achieving the research goals. The use of generalized network models and mathematical tools for analyzing intelligent virtual agent behavior extends the current achievements in agent modeling and learning algorithms.

5. Contributions of the Dissertation

The contributions formulated by the author can be categorized as scientific, applied-scientific, and practical, as follows:

Scientific Contributions

1. A generalized network model is proposed for analyzing the efficiency and behavior of intelligent assistant agents in hazardous environments.

Applied-Scientific Contributions



1. A new architecture is presented for a utility-based intelligent virtual training agent that can shift priorities—training users when safe, and evacuating or rescuing them in emergencies.

2. The behavior of intelligent virtual agents in hazardous environments has been studied, demonstrating the necessity for agents to assume leadership roles, possess spatial awareness, knowledge of firefighting equipment, and awareness of risk dynamics, as well as social communication skills, priorities, and emotions.

3. A novel algorithm, Intensity of Characteristic Q-learning (InCh Q-learning), is proposed for finding optimal evacuation routes based on fire intensity data.

4. A new approach is proposed for achieving adaptive agent behavior in hazardous environments through multi-plan strategies supported by two neural networks.

5. An analysis is conducted of reinforcement learning algorithms (SAC, PPO) and imitation learning algorithms (BC, GAIL) in training intelligent agents, highlighting their effectiveness.

Practical Contributions

1. Prototypes and 3D models have been developed, including:

- a. A real-world open switchyard model.
- b. A virtual training agent capable of teaching users, adapting priorities during emergencies, and executing rescue procedures.
- c. A virtual electrical substation with dynamically occurring failures caused by meteorological conditions.

The research results are both scientifically significant and practically applicable, with potential for future development.

6. . Degree of Doctoral Candidate's Contribution

The doctoral candidate has actively participated in all stages of the research presented in the dissertation. The contributions—scientific, applied-scientific, and practical—are original work by eng. Velyo Vasilev, developed under the guidance of Assoc. Prof. Dilyana Budakova and Assoc. Prof. Stanimir Stefanov. The candidate's publications and project participation provide evidence of personal authorship

7. Evaluation of Publications Related to the Dissertation

The candidate's research results have been published in 9 scientific papers (1 single-authored and the rest co-authored with supervisors). All are indexed in Scopus. Six papers were presented at international conferences in Bulgaria, and three at conferences abroad. Publications were made between 2023–2025, reflecting the main achievements of the dissertation.

Two of the publications have already been cited. Additionally, Scopus indexing shows six more citations of the candidate's other works. The candidate has a Hirsch index of 2 and has participated in two research projects relevant to the dissertation topic.

The publication record is excellent, ensuring that the dissertation's contributions are visible to both the Bulgarian and international research communities

The publications on the dissertation in quantitative and qualitative terms fully satisfy the requirements for obtaining the educational and scientific degree "Doctor".

8. Utilization of Results

No certificates of industrial implementation are provided. However, the generalized network model and mathematical framework with indexed matrices developed in the dissertation significantly enhance the evaluation of agent behavior. These can be used to achieve adaptive behavior, goal management, and dynamic priority shifts.

The models and algorithms proposed may serve as a foundation for future research, including the development of advanced intelligent training simulators. The dissertation is notable for its extensive use of graphs and diagrams, which clearly and effectively illustrate experimental findings.

I believe that the research in the dissertation and the achieved results can be successfully used to build multiple intelligent virtual agents working in risky virtual environments, as well as the technologies related to them: virtual environment, machine learning algorithms, approaches for adaptive behavior of an intelligent virtual assistant in a risky environment, and adaptive evacuation strategies.

9. Opinions, remarks and recommendations

The dissertation is carefully prepared, reflecting the candidate's high level of competence in:

- Machine learning methods and algorithms for modeling intelligent agent behavior in hazardous environments;
- The application of virtual reality for training specialists in such contexts;
- Implementing and evaluating agent architectures, algorithms, and models.

Minor editorial remarks:

- The term virtual reality appears both as “BP” and “VR” in the dissertation—this should be standardized.
- Abbreviations and terms in the List of abbreviations should be alphabetically ordered.

Recommendations:

- The author should continue research by extending applications of artificial intelligence and intelligent systems.
- Research results should be published in international Q-ranked journals.

10. Conclusion

The dissertation fully complies with the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, its regulations, and the rules of the Technical University of Sofia. The research addresses an important and highly relevant problem of strong scientific and practical interest.

The results contain scientific, applied-scientific, and practical contributions, which have been disseminated through publications and presentations at international forums. Based on these achievements, I propose that eng. Velyo Enev Vasilev be awarded the educational and scientific degree “Doctor” in the field of Higher Education 5: “Technical Sciences”, professional field 5.3: “Communication and Computer Engineering,” with a specialization in “Artificial Intelligence Systems”.

30.08.2025

Varna

Reviewer:

/Prof. Milena Karova, PhD/

