

Поставена в МФ
на 09.01.2026

Корна процедура: М773-м1-108



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“
по професионално направление 5.1 **Машинно инженерство**,
научна специалност „Автоматизация на производството“

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Борян Чавдаров Владимиров**
Тема на дисертационния труд: „Програмиране на промишлени работи
с използване на API“

Изготвил: **доц. д-р инж. Иванка Василева Пеева**,
Русенски университет „А. Кънчев“

Представеният за рецензиране дисертационен труд е с обем 193 страници, от които 177 страници основен текст и 16 страници приложения. Той съдържа увод, седем глави, справка за приносите, списък на публикациите по дисертацията, списък на съкращенията и списък на използвана литература, съдържащ 138 литературни източника, от които 7 на кирилица, 53 на латиница и 78 интернет адреси. Включени са 89 фигури и 13 таблици.

Дисертационният труд е разработен в Технически университет – София под научното ръководство на проф. д-р инж. Стилиян Николов Николов.

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

Автоматизацията и роботизация на технологичните процеси намират широко приложение, отговарящо на нарастващите изисквания за гъвкавост, производителност и качество на съвременното производство. Успешното вграждане на промишлени работи (ПР) в автоматизирани системи и осигуряване на тяхната ефективна работа при конкретни производствени условия е тясно свързано със създаването на необходими за тях управляващи програми.

Дисертационният труд е посветен на актуален проблем, свързан с програмиране на ПР при използване на API (Application Programming Interface) и трансфер на управляващи програми към използваните работи.

Създаването на потребителски приложения за автоматизирано разработване на управляващи програми за ПР и използване на различни компютърни системи за тяхното управление подпомага решаването на основни задачи при роботизация на технологични процеси и отговаря на необходимостта от квалифицирани специалисти по програмиране.

Това прави изследвания в дисертационния труд проблем актуален в научно и научноприложно отношение.

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

Докторантът познава добре състоянието на разглеждания в дисертационния труд проблем. Това следва от направения в първа глава целенасочен обзор и задълбочен анализ на видовете

ПР, особеностите на системите за програмиране и управление, както и основните моменти при автоматизиране на процеса по създаване на управляващи програми с използване на API. Обзорът се отличава с ясно изложение, като в някои от следващите глави също има материал с обзорец характер, което може да се обясни с логическата последователност на разработката. Цитирани са 138 литературни източника, като основната част са от чуждестранни автори и интернет страници, публикувани през последните години. Това показва добро познаване на съвременното състояние на индустриалната автоматизация и роботика в света. Анализирайки основните моменти в развитието на ПР и посочени проблеми, докторантът е направил обосновани изводи. На тази база правилно е формулирана целта на дисертационния труд и задачите за нейното постигане.

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

Решаването на поставените задачи в дисертационния труд се базира на широко използван съвременен инструментариум, позволяващ провеждане на изследвания в дигитална среда при използване на известни компютърни системи. Използваната методика на изследване е подходяща и съответства на поставената цел.

Считам приетите от автора подходи и решения като правилни, което се потвърждава от постигнатите в дисертационния труд резултати.

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

Представеният дисертационен труд се отличава с ясно изложение и коректно използвана терминология. Всяка глава завършва с изводи от направените анализи и изследвания, съответстващи на поставените задачи, което показва задълбоченост и целесъобразност от извършената дейност. На база анализ на известни методи и средства за програмиране на индустриални роботи е разработена обща методика за генериране на управляващи програми за ПР с използване на CARC (Computer Aided Robot Control) системи. Отделено е специално внимание на сигурността при трансфер на данни в реални производствени условия. Направен е сравнителен анализ на мрежовите функции и протоколи в съществуващи съвременни системи за програмиране на ПР. Разгледани са въпроси, свързани с мрежовата свързаност при експлоатация на ПР, разработена е класификация на видовете атаките срещу роботизирани производствени системи и са представени възможни подходи за защита от тях. Разгледани са приложения на API в индустриалната автоматизация и в компютърните системи за програмиране на ПР, улесняващи генериране на управляващ софтуер и адаптирането на роботите към променящите се условия на работа.

Разработената методика за създаване на управляващи програми е приложена за програмиране на ПР в среда на Fanuc ROBOGUIDE и ABB RobotStudio, като анализът на резултатите доказва нейната функционалност.

Докторантът задълбочено е анализирал проблемите по разглежданите въпроси, като е използвал съвременни компютърни системи за програмиране на ПР и проектиране на роботизирано оборудване. Достоверността на резултатите от направените изследвания се доказва чрез сравняване по определени критерии на резултати, получени при работа с различни компютърни системи и с представената практическа работа при проектиране на роботизирана клетка.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Основните научноприложни и приложни приноси, съдържащи се в дисертационния труд може да бъдат обобщени по следния начин:

5.1 Научноприложни приноси

- Разработена е универсална методика за генериране на управляващи програми за промишлени роботи с използване на CARC системи и са анализирани възможностите за използване на API при нейното прилагане;
- Разработена е класификация по три признака на видовете атаки срещу роботизирани производствени системи и са дадени препоръки за защита от тези атаки.

5.2 Приложни приноси

- Направен е сравнителен анализ на най-често използваните езици за програмиране от високо ниво, използвани в API при експлоатация на ПР и областите на тяхното приложение;
- Разработени и сравнени са сървърен и клиентски код за TCP/IP свързване с използване на езиците за програмиране на ПР Fanuc KAREL и ABB RAPID;
- Разработен и анализиран е код за криптиране на данни при експлоатация на ПР, използващи различни езици за програмиране от високо ниво, поддържани в API при експлоатация на ПР;
- Разработен е сървър, написан на KAREL, който може да се използва с клиентска програма, създадена на различни езици за програмиране от високо ниво, поддържани в API при експлоатация на ПР;
- Дефинирани са основните стъпки при проектиране на роботизирани клетки с използване на различни CARC системи;
- Резултатите от дисертационния труд може да се използват в инженерната практика и при обучение на студенти и докторанти.

Приносите в дисертационния труд се отнасят към създаване на нови класификации, доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми, създаване на нови методики и получаване на потвърдителни факти.

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

Считам, че дисертационният труд, резултатите и приносите са лично дело на докторанта под компетентното ръководство на научния му ръководител.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Основните резултати от дисертационния труд са отразени в 5 научни публикации, от които 1 самостоятелна и 4 в съавторство, като в 3 от тях докторантът е първи автор. Две от статиите са в индексирани издания. Не е представен разделителен протокол за колективните публикации по дисертацията, но може да се приеме, че авторът има равностойно участие в тях. Нямам информация за цитирания на публикациите.

Представените публикации отразяват достатъчно пълно и точно основни моменти от дисертационния труд и популяризират извършената работа.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в практиката

По мое мнение, резултатите от дисертационния труд са приложими в инженерната практика при проектиране и оптимизация на роботизирани системи и програмиране на индустриални работи с използване на API. Те може да се използват за обучение на студенти в областта на автоматизация и роботизация на производството. Като потвърждение за приложимостта на резултатите от работата на докторанта може да се посочи използването им при решаване на задачи по научноизследователски проект към НИС на ТУ – София на тема „Изследване на възможностите за програмиране на промишлени работи с използване на API“.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията и отразява същността и основните приноси от дисертацията.

10. Мнения, препоръки и бележки

Нямам съществени бележки, с които да оспорвам основните научноприложни и приложни приноси на кандидата. В дисертационния труд не открих принципни грешки и некоректно използване на чужди трудове. Забелязват се някои пропуски от редакционен характер и цитиране на използвана литература, които не намаляват важността на получените резултати.

От описанието на конфигурации 1 и 5 на проектираната клетка прави впечатление голямата разлика в товароносимостта на двата избрани ПР за работа с едни и същи обекти, което не е практически обосновано.

Не е коментиран въпроса при какви скорости на движение на роботите са получени времената за манипулиране на обектите в разработените варианти на проектираната клетка. Провеждането на компютърни симулации при различни, реални скорости на движения на избраните ПР би довело до разширяване на възможностите за анализ и избор на оптимално компоновъчно решение.

Актуалността на разглеждания проблем и получените резултати ми дават основание да препоръчам на кандидата да продължи своите изследвания, относно програмиране на промишлени работи с използване на API и да увеличи публикациите се в специализирани, чуждестранни издания.

11. Заключение

Представеният дисертационен труд е завършен по обем и съдържание, разглежда актуален проблем и е лично дело на докторанта.

Въз основа на общата ми положителна оценка на дисертационния труд и материалите по него, изпълнената образователна цел на докторантурата и изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за прилагането му и Правилника на ТУ-София за условията и реда за придобиване на образователна и научна степен, значимостта на постигнатите научноприложни и приложни приноси, предлагам на Научното жури, назначено със заповед № ОЖ-5.1-104 / 04.12.2025 г. на Ректора на ТУ – София, да присъди на **маг. инж. Борян Чавдаров Владимиров** образователна и научна степен „доктор“ в професионално направление 5.1 Машинно инженерство, научна специалност „Автоматизация на производството“.

Дата: 09.01.2026 г.

Рецензент:

/ доц. д-р Иванка Пеева/

REVIEW

of a dissertation for obtaining the educational and scientific degree "Doctor"
in the professional field 5.1 Mechanical Engineering,
scientific specialty "Automation of production".

Author of the dissertation: **MSc Eng. Boryan Chavdarov Vladimirov**

Topic of the dissertation: "PROGRAMMING OF INDUSTRIAL ROBOTS USING API"

Reviewed by: Assoc. Prof. Eng. Ivanka Vasileva Peeva, PhD
University of Ruse "A. Kanchev"

The dissertation submitted for review has a volume of 193 pages, of which 177 pages are the main text and 16 pages are the appendices. It contains an introduction, seven chapters, a reference list, a list of publications on the dissertation, a list of abbreviations and a list of references containing 138 literary sources, of which 7 are in Cyrillic, 53 in Latin and 78 internet addresses. 89 figures and 13 tables are included.

The dissertation was developed at the Technical University - Sofia under the scientific supervision of Prof. PhD Stiliyan Nikolov Nikolov.

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

The automation and robotization of technological processes are widely used, meeting the growing requirements for flexibility, productivity and quality of modern production. The successful integration of industrial robots (IR) into automated systems and ensuring their effective operation under specific production conditions is closely related to the creation of control programs necessary for them.

The dissertation is dedicated to a current problem related to programming of RP using API (Application Programming Interface) and transfer of control programs to the robots used.

The creation of user applications for automated development of control programs for RP and the use of various computer systems for their management helps solve basic tasks in robotization of technological processes and meets the need for qualified programming specialists.

This makes the research in the dissertation a problem relevant in scientific and applied terms.

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

The doctoral candidate is well aware of the state of the problem considered in the dissertation. This follows from the purposeful review and in-depth analysis of the types of IR, the features of programming and control systems, as well as the main points in automating the process of creating control programs using API, made in the first chapter. The review is distinguished by a clear presentation, and in some of the following chapters there is also material of an overview nature, which can be explained by the logical sequence of the development. 138 literary sources are cited, the main part of which are from foreign authors and websites published in recent years. This shows good knowledge of the current state of industrial automation and robotics in the world. Analyzing the main points in the development of IR and the indicated problems, the doctoral candidate has made justified conclusions. On this basis, the goal of the dissertation and the tasks for its achievement are correctly formulated.

3. Correspondence of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation work

The solution of the tasks set in the dissertation is based on widely used modern tools, allowing for conducting research in a digital environment using well-known computer systems. The research methodology used is appropriate and corresponds to the set goal.

I consider the approaches and solutions adopted by the author to be correct, which is confirmed by the results achieved in the dissertation.

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

The presented dissertation is distinguished by a clear presentation and correctly used terminology. Each chapter ends with conclusions from the analyses and research conducted, corresponding to the tasks set, which shows the thoroughness and expediency of the work performed. Based on an analysis of known methods and tools for programming industrial robots, a general methodology for generating control programs for IR using CARC (Computer Aided Robot Control) systems has been developed. Special attention has been paid to security during data transfer in real production conditions. A comparative analysis of network functions and protocols in existing modern IR programming systems has been made. Issues related to network connectivity during IR operation have been considered, a classification of the types of attacks against robotic production systems has been developed and possible approaches to protection against them have been presented. Applications of API in industrial automation and in computer systems for programming of IR, facilitating generation of control software and adaptation of robots to changing working conditions, are considered. The developed methodology for creating control programs is applied for programming of IR in the environment of Fanuc ROBOGUIDE and ABB RobotStudio, and the analysis of the results proves its functionality.

The doctoral student has thoroughly analyzed the problems on the issues under consideration, using modern computer systems for programming of IR and designing of robotic equipment. The reliability of the results of the research is proven by comparing according to certain criteria the results obtained when working with different computer systems and with the presented practical work in designing a robotic cell.

5. Scientific and/or applied contributions of the dissertation work

The main scientific and applied contributions contained in the dissertation work can be summarized as follows:

5.1 Scientific and applied contributions

- A universal methodology for generating control programs for industrial robots using CARC systems has been developed and the possibilities for using API in its implementation have been analyzed;

- A classification has been developed according to three characteristics of the types of attacks against robotic production systems and recommendations for protection against these attacks have been given.

5.2 Applied Contributions

- A comparative analysis of the most commonly used high-level programming languages used in the API for the operation of the IR and their areas of application has been made;

- Server and client code for TCP/IP connection using the IR programming languages Fanuc KAREL and ABB RAPID have been developed and compared;

- Code for data encryption during the operation of the IR using different high-level programming languages supported in the API for the operation of the IR has been developed and analyzed;

- A server written in KAREL has been developed, which can be used with a client program created in different high-level programming languages supported in API for the operation of the IR;

- The main steps in the design of robotic cells using different CARC systems have been defined;

- The results of the dissertation work can be used in engineering practice and in the training of students and doctoral students.

The contributions in the dissertation work relate to creating new classifications, proving with new means significant new aspects of existing scientific problems, creating new methodologies and obtaining confirmatory facts.

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

I believe that the dissertation work, results and contributions are the personal work of the doctoral student under the competent guidance of his supervisor.

7. Assessment of the publications on the dissertation work

The main results of the dissertation work are reflected in 5 scientific publications, of which 1 is independent and 4 are co-authored, in 3 of which the doctoral student is the first author. Two of the articles are in indexed publications. No separation protocol for the collective publications on the dissertation has been presented, but it can be assumed that the author has an equal participation in them. I have no information about the citations of the publications.

The presented publications reflect sufficiently fully and accurately the main points of the dissertation work and popularize the work done.

8. Use of the results of the dissertation in practice

In my opinion, the results of the dissertation are applicable in engineering practice in the design and optimization of robotic systems and programming of industrial robots using API. They can be used to train students in the field of automation and robotization of production. As confirmation of the applicability of the results of the doctoral student's work, their use in solving tasks in a research project at the NIS of the Technical University of Sofia on the topic "Research of the possibilities for programming industrial robots using API".

9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation

The abstract has been prepared in accordance with the requirements and reflects the essence and main contributions of the dissertation.

10. Opinions, recommendations and notes

I have no significant comments with which to dispute the main scientific and applied contributions of the candidate. In the dissertation work, I did not find any fundamental errors and incorrect use of other people's works. Some editorial and citation errors are noted, which do not reduce the importance of the results obtained.

From the description of configurations 1 and 5 of the designed cell, the large difference in the load capacity of the two selected PRs for working with the same objects is striking, which is not practically justified.

The question of at what speeds of movement of the robots the times for manipulating the objects in the developed variants of the designed cell were obtained is not commented on. Conducting computer simulations at different, real speeds of movement of the selected IR would lead to expanding the possibilities for analysis and selection of an optimal layout solution.

The relevance of the problem under consideration and the results obtained give me reason to recommend that the candidate continue his research on programming industrial robots using APIs and to increase his publications in specialized foreign publications.

11. Conclusion

The presented dissertation work is complete in volume and content, addresses a current problem and is the personal work of the doctoral student.

Based on my overall positive assessment of the dissertation work and the materials on it, the fulfilled educational goal of the doctoral studies and the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff of the Republic of Bulgaria, the Rules for his implementation and the Rules of TU-Sofia for the conditions and procedure for acquiring an educational and scientific degree, the significance of the achieved scientific and applied contributions, I propose to the Scientific Jury, appointed by order No. OЖ-5.1-104 / 04.12.2025 of the Rector of TU - Sofia, to award MSc Eng. Boryan Chavdarov Vladimirov the educational and scientific degree "Doctor" in professional field 5.1 Mechanical Engineering, scientific specialty "Automation of production".

Date: 09.01.2026

Reviewer:

/ Assoc. Prof. Ivanka Peeva, PhD/