

Любушка в Мф
30.07.2028.



Код на процедурата: МФ73-НС1-107

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертацията за придобиване
на образователната и научна степен "Доктор"
в професионално направление 5.1 Машиностроене
Научна специалност "Автоматизирани системи
за обработка на информация и управление"

Автор на дисертацията: : **магистър инж. Чен Тонян**

Тема на дисертацията: **"Приложение на интелигентни сензори с 5G
комуникация в индустрията"**

Рецензент: проф. д-р инж. Димитър Дамянов

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.

Приложение на интелигентни сензори с 5G комуникация при обработка на информация и управление е изключително актуално както в научен, така и в приложен начин на разглеждане и изследване. Определено такава разработка е навременна, модерна и полезна за науката и особено за практиката. Тя намира своето място и в областта на приложните информационни системи, функционираща като компонент в Кибер системите. Формулирани са две цели на дисертацията както следва

Цел 1: Подобряване на качеството и скоростта на събиране на индустриални данни чрез 5G интелигентни сензори (Enhance Industrial Data Collection Quality and Speed via 5G Smart Sensors);

Цел 2: Улесняване на безпроблемната интеграция на 5G интелигентни сензори в съществуващи индустриални системи (Facilitate Seamless Integration of 5G Smart Sensors into Existing Industrial Systems).

Ето защо смятам, че така формулираната цел на дисертационния труд напълно отговаря на разработката на доктората. Покрива изцяло същността на извършената работа за аналитично изследване и прилагане на нови методи за усъвършенстване на автоматизираните информационни системи.

Проучен и анализиран е проблема за развитие на системите за обработка на информация и управление като са изяснени методите и възможностите за подобряване ефективността им чрез нови съвременни технически и информационни решения каквито са интелигентните сензори с 5G комуникация. Това означава, че както теоретичните характеристики на този информационен процес, така и подхода за неговото изследване и усъвършенстване ще търпят постоянни изменения в насока на неговото методологическо и приложно развитие. От тази гледна точка докторатът съдържа резерви в повишаване на теоретическата и практическата му ефективност по отношение на неговата мащабност, а също така и като

подход за решаване на конкретните задачи от такъв характер. Още повече, че проблемът с прилагането и използването на нови форми подходи и методи каквито са интелигентни сензори с 5G комуникация е една крачка напред и в повишаване нивото им на управление. В този смисъл, разработването и прилагането им е не само актуално, но и полезно за науката и практиката предложение и приложение.

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

Дисертационният труд е в обем от 161 страници, като включва увод, 5 глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо 169 литературни източници, като 158 са на латиница и 0 на кирилица, а останалите са интернет адреси. Работата включва общо 34 фигури и 40 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

Литературната осведоменост на докторанта е добра. Приложена е добра последователност както по отношение на структурата, така и в насока на обхвата на информационния материал в областта на автоматизацията. Теоретична новост добре е формулирана.

Предложеният дисертационен труд разглежда актуален въпрос, като предлага усъвършенствани сензорни конструкции със самокалибриране и възможности за предварителна обработка на локални данни, алгоритми за динамично разпределение на спектъра за ефективно използване на 5G мрежата и интегрирани рамки за анализ на големи данни за ефективно управление на генерираните от сензори данни. Практическа приложимост също добре е формулирана.

5G умните сензори значително подобряват точността на събиране на данни (грешка намалена до 3.1%) и скоростта на предаване (350 Mbps) в индустриални сценарии, но срещат предизвикателства като несъвместимост на протоколи (60% от предприятията), високи разходи (40% от бюджета на МСП за оборудване) и адаптация към сложна среда (отслабване на сигнала с 30–50% при висока температура). Казус в автомобилното производство отчита увеличение на производителността с 30–40% и намаляване на логистичните разходи с 20–25%, потвърждавайки приложимостта на технологията.

Докторатът в този си вид, ред, последователност на изложение и същност напълно изчерпва предварително зададеното условие да отговори

на изискванията за получаване на образователната и научна степен "доктор". Оценката ми е, че докторантът добре познава състоянието на проблема и аналитично и творчески оценява и интерпретира обзорно информационния материал. Използва подходящи постановки във всички етапи на работа - от анализа до изводите и формулировките. Нещо повече от този голям обем информация, той много сполучливо е конкретизирал проблема до избор само на компонентите свързани с усъвършенстване на автоматизираните информационни системи и по конкретно на интелигентни сензори с 5G комуникация.

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

Методиката за изследване като инструмент на разработката е сполучливо избрана и подходяща за такъв вид цел и задачи. Тя отговаря на изискванията за такава дейност, свързана с използването на аналитична информация и математически формулировки с практическа насоченост. С нея се дава отговор на поставената цел както с избора на задачите за решаване, така и с тяхната сложност, обхват и последователност на разработване. Много добре са изследвани и анализирани особеностите на съвременните условия, в т. ч. етапите за практическо и теоретично развитие на информационните системи. Разгледана е системната и организационната им връзка с автоматизационните нива на процесите за управление. Изследвани са основните етапи, в които възникват smart-концепции водещи до бързо усъвършенстване на съвременни информационни системи. . В логистиката 5G сензорите осигуряват проследяване в реално време и оптимизация на маршрутите. Прогнозираните подобрения включват: увеличение на производствената ефективност с 30%–40%, намаляване на дефектите с 20%–30%, съкращаване на времето за доставка с 25%–35% и намаляване на енергийното потребление с 15%–20%. Чрез симулационни експерименти и реални казуси се потвърждава ефективността на 5G интелигентните сензори за повишаване на производствената ефективност, оптимизиране на разпределението на ресурсите и подобряване на качеството на продуктите.

По този начин успешно са формулирани и основните задачи, съдържащи същността на доктората. Добре са изяснени теоретико-методологическите аспекти на подхода за решаване на проблема, включително необходимост от търсене на нови форми и начини за включване на модерни решения в този процес. Теоретически е обоснован

изборът на подхода и сполучливо са формулирани условията и възможностите за апробиране и прилагане на подхода в практиката. Правилно е формулирана последователността на реализацията на подхода и изискванията по отношение на условията за неговото приложение с очакваните ефекти. Особено добре са определени границите на обхвата и възможностите за оценяване на практическата му приложимост. Направен е и опит за оценка на теоретическата и практическата приложимост на разработения проблем чрез апробиране на подхода. Сполучливи и приемливи са оценките и доказателствата както по отделни глави, така и като цялостно представяне.

4. Оценка на естеството и достоверността на материала

Материалът, върху който е изграден доктората е достоверен, базиращ се на съвременни проблеми от информационната практика, при обработка на информация и управление. Това са актуални проблеми, които изискват непрекъснато наблюдение, анализ и решение, и които за в бъдеще с развитието и приложението на нови информационни технологии и кибер-системите ще придобиват все по-голяма значимост.

5. Приноси на дисертационният труд

Приемам всички 6 приноси. Те са научно приложни и приложни и се свеждат до доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории. От тях 3 са с научно приложен характер и 3 с приложен.

5.1. Научно приложни приноси.

1. Чрез цялостен анализ на технологичните тенденции, включително развитието на инфраструктурата на 5G мрежите, миниатюризацията на сензорите и обработката на данни с изкуствен интелект, е проектирана интеграционна рамка, базирана на стандартизирани интерфейси и междинен софтуер (middleware).

2. В областта на индустриалната практика са предложени практически подходи и решения за внедряване на 5G умни сензори в индустриалната сфера, като е потвърдено влиянието на 5G сензорите върху увеличаването на производствената ефективност, оптимизацията на разпределението на ресурсите и повишаването на качеството на продуктите.

3. Определена е теоретичната основа за приложението на 5G умни сензори в индустрията. Чрез задълбочаване на техническите принципи, приложенията и моделите на интеграция на 5G сензори с индустриални

системи се разкриват основните принципи и ключови фактори в събирането, предаването и обработката на индустриални данни.

5.2. Приложни приноси

1. Предложен е подход за разполагане на сензори върху различни компоненти на производствения процес, като оперативните данни за оборудването – налягане, скорост на щанцоващите машини и въртящ момент на инструментите в монтажната зона – се събират и предават в реално време чрез 5G.

2. Дефинирани са препоръки за внедряване и оперативни насоки за ефективното използване на 5G умни сензори в индустриални предприятия, като са предоставени ясни указания за избор на сензори според специфичните изисквания на различни индустриални сценарии.

3. Предложено е интелигентно планиране чрез проследяване в реално време на логистичните маршрути с помощта на 5G умни сензори, което напълно демонстрира ефективността и огромния потенциал на приложението им в индустриалната сфера.

Получените резултати в дисертационния труд могат да се използват в редица организации и стопански структури, както и за обучение на студентите по инженерните и икономическите специалности.

Характер на приносите.

Приносите са с научно приложен и приложен характер. Те са от такова естество, че освен теоретичната им полезност могат да се използват и в практиката. Тяхната приложимост безспорно ще бъде полезна и за студентите и специалистите, занимаващи се с тези проблеми.

Значимост на приносите

Приносите са значими както за науката, така и за практиката. Те ще допринесат за разширяване на познанията в областта на приложението на усъвършенствани автоматизирани системи и ще обогатят научните изследвания в тази област. Ще допринесат и за изясняването и формирането на изисквания за създаване на условия за повишаване на методическите познания по този проблем, Това несъмнено е и голямата теоретико-практическа полезност на доктората, а експерименталните резултати доказват по безспорен начин ефективността от бъдещото му приложение в практиката.

6. Оценка за степента на лично участие на дисертанта в приносите

Моята оценка е, че дисертационният труд и приносите са лично дело на докторанта с помощта на неговия научен ръководител. Методическият инструментариум е експериментиран и резултатите са положителни. Изследвани са стопански фирми. Смятам, че те са достатъчни за такъв вид изследване и ще обогатят знанията от приложението на тази методология в търсенето на ефективни решения.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в 3 статии, в т. ч. брой статии в рецензирани списания – 1, и брой самостоятелни трудове – 2, докладвани на следните конференции и семинари:

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ

1. Chen Tongyang, The Application of 5G Technology in the Industrial Internet, Автоматизация на Дискретното Производство Брой 6 юли 2024 г. , Издателство на ТУ-София ISSN: 2682-9584, p. p 116-118

2. Chen Tongyang, Real-time Data Processing of Electromechanical Sensors in Intelligent Manufacturing Systems, SCIENTIFIC ATLAS, 2025, NO 12, ISSN 2738-7518 p. p. 25-35

3. Chen Tongyang, Integration of Intelligent Sensors with 5G for Enhanced Condition Monitoring in Smart Manufacturing, SCIENTIFIC ATLAS, 2025, ISSN 2738-7518 (под печат)

От направените общо три публикации преценявам, че всичките са свързани с доктората. Приемам, че всичките са от проблематиката на доктората

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика

Резултатите от експеримента са положителни и могат да бъдат използвани в практиката. Засега няма официално приложени документи за използване на резултатите в практиката, но се знае, че те ще бъдат предоставени за използване от стопански фирми, които са заинтересовани от решението на този проблем. За в бъдеще, трябва да се доусъвършенства методологията за практическата приложимост на предложенията за използване и на нови решения. .

9. Автореферат

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията на закона за развитие на академичния състав в РБ и Правилника за приложението му в

ТУ-София за получаване на образователната и научна степен „доктор“. Съдържа всички постановки и изисквания на закона и правилника.

10. Мнение и бележки

Към така представения докторат имам следните несъществени забележки:

1. Има все още допуснати технически грешки, с отстраняването на които докторатът само ще спечели.

2. Не съм забелязал да се използват чужди подходи, определения, заимстван материал и други с които да бъдат оспорвани научните приноси.

3. В следващите години да се продължи работата в тази насока като се направят допълнителни изследвания да се доразработят и предложат и нови решения.

Смятам, че направените забележки не намаляват стойността на доктората, а направените препоръки ще бъдат полезни както за докторанта, така и за бъдещото практическо използване на приносите на доктората.

11. Заключение

Окончателното ми заключение е положително и приемам доктората за завършен като му давам много добра оценка. С него докторантът убедително доказва, че притежава добри знания и използва съвременни изследователски методи в научното изследване и научния анализ. Дисертацията е добре структурирана, отговаряща на всички изисквания на „Закона за развитие на академичния състав в Република България“ и „Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Техническия университет - София“.

В заключение предлагам на членовете на научното жури да присъдят на маг. инж. Чен Тонян, образователната и научна степен “Доктор“ по професионално направление 5.1 Машинно инженерство. Научна специалност “Автоматизирани системи за обработка на информация и управление”.

Рецензент:

/проф. д-р инж. Димитър Дамянов/

REVIEW

on the dissertation for the acquisition
of the educational and scientific degree "Doctor"
in Professional Field 5. 1 Mechanical Engineering
Scientific specialty "Automated Systems
for Information Processing and Control"

Author of the dissertation: : **Msc. Eng. Chen Tongyan**

Topic of the dissertation: "**Application of Intelligent Sensors with 5G
Communication in Industry**"

Reviewer: Prof. PhD. Eng. Dimitar Damyanov.

1. Relevance of the problem developed in the dissertation.

Application of smart sensors with 5G communication in information processing and management is extremely relevant both in scientific and applied ways of consideration and research. Such a development is certainly timely, modern and useful for science and especially for practice. It also finds its place in the field of applied information systems, functioning as a component in Cyber systems. Two goals of the dissertation are formulated as follows

Goal 1: Improve the quality and speed of industrial data collection via 5G smart sensors (Enhance Industrial Data Collection Quality and Speed via 5G Smart Sensors);

Goal 2: Facilitate the seamless integration of 5G smart sensors into existing industrial systems (Facilitate Seamless Integration of 5G Smart Sensors into Existing Industrial Systems).

Therefore, I believe that the thus formulated goal of the dissertation work fully corresponds to the development of the doctoral thesis. It fully covers the essence of the work done for analytical research and application of new methods for improving automated information systems.

The problem of developing information processing and management systems has been studied and analyzed, clarifying the methods and opportunities for improving their efficiency through new modern technical and information solutions such as intelligent sensors with 5G communication. This means that both the theoretical characteristics of this information process and the approach to its research and improvement will undergo constant changes in the direction of its methodological and applied development. From this point of view, the doctorate contains reservations in increasing its theoretical and practical efficiency in terms of its scale, and also as an approach to solving specific tasks of this nature. Moreover, the problem of implementing and using new forms of approaches and methods such as intelligent sensors with 5G communication is

one step forward and in increasing their level of management. In this sense, their development and application is not only relevant, but also useful for science and practice proposal and application.

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

The dissertation is 161 pages long and includes an introduction, 5 chapters to solve the formulated main problems, a list of main contributions, a list of publications on the dissertation and used literature. A total of 169 literary sources are cited, of which 158 are in Latin and 0 in Cyrillic, and the rest are Internet addresses. The work includes a total of 34 figures and 40 tables. The numbers of the figures and tables in the abstract correspond to those in the dissertation.

The doctoral student's literary awareness is good. Good consistency has been applied both in terms of structure and in terms of the scope of the information material in the field of automation. Theoretical novelty is well formulated.

The proposed dissertation addresses a topical issue by proposing advanced sensor designs with self-calibration and local data preprocessing capabilities, dynamic spectrum allocation algorithms for efficient use of the 5G network, and integrated big data analytics frameworks for effective management of sensor-generated data. Practical applicability is also well formulated.

5G smart sensors significantly improve data collection accuracy (error reduced to 3.1%) and transmission speed (350 Mbps) in industrial scenarios, but face challenges such as protocol incompatibility (60% of enterprises), high costs (40% of SME equipment budgets), and adaptation to complex environments (signal attenuation by 30–50% at high temperature). A case study in automotive manufacturing reports a 30–40% increase in productivity and a 20–25% reduction in logistics costs, confirming the applicability of the technology.

The doctoral thesis in this form, order, sequence of presentation and essence completely exhausts the previously set condition to meet the requirements for obtaining the educational and scientific degree "doctor". My assessment is that the doctoral student knows the state of the problem well and analytically and creatively evaluates and interprets the information material in an overview. He uses appropriate statements in all stages of work - from analysis to conclusions and formulations. What is more, from this large volume of information, he has very successfully specified the problem to the selection of only the components related to the improvement of automated information systems and, in particular, of intelligent sensors with 5G communication.

3. Compliance of the chosen research methodology with the set goal and objectives of the dissertation work

The research methodology as a development tool is successfully chosen and suitable for this type of goal and tasks. It meets the requirements for such an activity, related to the use of analytical information and mathematical formulations with a practical focus. It provides an answer to the set goal both with the choice of tasks to be solved and with their complexity, scope and sequence of development. The features of modern conditions have been very well studied and analyzed, including the stages of practical and theoretical development of information systems. Their systemic and organizational relationship with the automation levels of management processes has been examined. The main stages in which smart concepts arise leading to rapid improvement of modern information systems have been studied. . In logistics, 5G sensors provide real-time tracking and optimization of routes. The predicted improvements include: an increase in production efficiency by 30%–40%, a reduction in defects by 20%–30%, a reduction in delivery time by 25%–35%, and a reduction in energy consumption by 15%–20%. Simulation experiments and real-life cases confirm the effectiveness of 5G smart sensors in increasing production efficiency, optimizing resource allocation, and improving product quality.

In this way, the main tasks that constitute the essence of the PhD thesis have been successfully formulated. The theoretical and methodological aspects of the approach to solving the problem have been well clarified, including the need to search for new forms and ways to include modern solutions in this process. The choice of the approach is theoretically justified, and the conditions and opportunities for testing and applying the approach in practice have been successfully formulated. The sequence of implementation of the approach and the requirements regarding the conditions for its application with the expected effects have been correctly formulated. The boundaries of the scope and the possibilities for assessing its practical applicability are particularly well defined. An attempt has also been made to assess the theoretical and practical applicability of the developed problem by testing the approach. The assessments and evidence are feasible and acceptable both in individual chapters and as an overall presentation.

4. Assessment of the nature and credibility of the material

The material on which the PhD is built is reliable, based on contemporary problems in information practice, in information processing and management.

These are current problems that require continuous monitoring, analysis and solution, and which in the future, with the development and application of new information technologies and cyber-systems, will gain increasing importance.

5. Contributions of the dissertation work

I accept all 6 contributions. They are scientifically applied and applied and are reduced to proving by new means significant new aspects in existing scientific problems and theories. Of these, 3 are of a scientifically applied nature and 3 are of an applied nature.

5.1. Scientifically applied contributions.

1. Through a comprehensive analysis of technological trends, including the development of 5G network infrastructure, sensor miniaturization, and artificial intelligence data processing, an integration framework based on standardized interfaces and middleware is designed.

2. In the field of industrial practice, practical approaches and solutions for the implementation of 5G smart sensors in the industrial field are proposed, and the impact of 5G sensors on increasing production efficiency, optimizing resource allocation, and improving product quality is confirmed.

3. The theoretical basis for the application of 5G smart sensors in industry is determined. By deepening the technical principles, applications, and integration models of 5G sensors with industrial systems, the basic principles and key factors in the collection, transmission, and processing of industrial data are revealed.

5.2. Applied contributions

1. An approach is proposed for deploying sensors on various components of the production process, with operational data on the equipment – pressure, speed of punching machines and torque of tools in the assembly area – collected and transmitted in real time via 5G.

2. Implementation recommendations and operational guidelines for the effective use of 5G smart sensors in industrial enterprises are defined, providing clear guidelines for selecting sensors according to the specific requirements of different industrial scenarios.

3. Intelligent planning through real-time tracking of logistics routes using 5G smart sensors is proposed, which fully demonstrates the effectiveness and huge potential of their application in the industrial sphere.

The results obtained in the dissertation can be used in a number of organizations and business structures, as well as for training students in engineering and economics.

Nature of the contributions.

The contributions are of a scientifically applied and applied nature. They are of such a nature that, in addition to their theoretical usefulness, they can also be used in practice. Their applicability will undoubtedly be useful for students and specialists dealing with these problems.

Significance of the contributions

The contributions are significant both for science and practice. They will contribute to expanding knowledge in the field of application of advanced automated systems and will enrich scientific research in this area. They will also contribute to the clarification and formation of requirements for creating conditions for increasing methodological knowledge on this problem. This is undoubtedly the great theoretical and practical usefulness of the doctorate, and the experimental results prove in an indisputable way the effectiveness of its future application in practice.

6. Assessment of the degree of personal participation of the dissertation candidate in the contributions

My assessment is that the dissertation work and contributions are the personal work of the doctoral student with the help of his scientific supervisor. The methodological tools have been experimented with and the results are positive. Business companies have been studied. I believe that they are sufficient for this type of research and will enrich the knowledge from the application of this methodology in the search for effective solutions.

7. Assessment of dissertation publications

Main achievements and results of the dissertation work have been published in 3 articles, including number of articles in peer-reviewed journals – 1, and number of independent works – 2, reported at the following conferences and seminars:

LIST OF PUBLICATIONS

1. Chen Tongyang, The Application of 5G Technology in the Industrial Internet, Automation of Discrete Manufacturing Issue 6 July 2024, Publishing House of TU-Sofia ISSN: 2682-9584, p. p 116-118
2. Chen Tongyang, Real-time Data Processing of Electromechanical Sensors in Intelligent Manufacturing Systems, SCIENTIFIC ATLAS, 2025, NO 12, ISSN 2738-7518 p. p. 25-35

3. Chen Tongyang, Integration of Intelligent Sensors with 5G for Enhanced Condition Monitoring in Smart Manufacturing, SCIENTIFIC ATLAS, 2025, ISSN 2738-7518 (in press)

Of the three publications made, I estimate that all of them are related to the doctoral thesis. I assume that all of them are from the issues of the doctoral thesis

8. Using the results of the dissertation in scientific and social practice

The results of the experiment are positive and can be used in practice. So far, there are no official documents attached for the use of the results in practice, but it is known that they will be made available for use by business companies that are interested in solving this problem. In the future, the methodology for the practical applicability of the proposals for use and new solutions should be further improved.

9. Abstract

The abstract has been prepared in accordance with the requirements of the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations for its application at TU-Sofia for obtaining the educational and scientific degree "doctor". It contains all the provisions and requirements of the law and the regulations.

10. Opinion and notes

I have the following minor remarks regarding the doctorate presented in this way:

1. There are still technical errors that the doctorate will only benefit from if they are eliminated.

2. I have not noticed the use of foreign approaches, definitions, borrowed material, and others that would challenge the scientific contributions.

3. In the coming years, work in this direction should be continued by conducting additional research, developing and proposing new solutions.

I believe that the remarks made do not diminish the value of the doctorate, and the recommendations made will be useful both for the doctoral student and for the future practical use of the contributions of the doctorate.

11. Conclusion

In my opinion, the dissertation is well-structured, meeting all the requirements of the "Act on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria" and the "Regulations for the Acquisition of Scientific Degrees and Holding Academic Positions at the Technical University - Sofia". All necessary documents have also been submitted.

My final conclusion is positive and I accept the doctorate as completed by giving it a very good grade. In conclusion, I propose to the members of the scientific jury to award Mag. Eng. Chen Tongyan. the educational and scientific degree “Doctor” in professional field 5.1 Mechanical Engineering. Scientific specialty “Automated information processing and control systems”.

Reviewer:

/Prof. Dr. Eng. Dimitar Damyanov/