



Co-funded by
the European Union

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Міжнародна Конференція
ЦИФРОВІ ІННОВАЦІЇ
&
СТАЛИЙ РОЗВИТОК 2024



International Conference
DIGITAL INNOVATION
&
SUSTAINABLE DEVELOPMENT 2024

DI&SD

2024

International Conference

15 November

UKharkiv

УДК 005:004.896:62-65:338.3
Ц75

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, Колупаєва І.В., В.В. Євсєєв.

Ц75 Цифрові інновації & сталий розвиток 2024: матеріали I-ої Міжнародної конференції, Харків, 15 листопада 2024 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], — X. : Вид-во Іванченка І. С., 2024. – 80 с.

ISBN 978-617-8332-34-1.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку цифрові інновації в Індустрії 5.0 та в автоматизації в промисловості; адитивне виробництво (3D-друк) як частина цифрової та зеленої трансформації виробництва; сталий розвиток та цифрова трансформація в енергетичних системах; інтернет речей (IoT) та розумні міста: менеджмент та технології; штучний інтелект та машинне навчання для сталого розвитку; цифрова освіта та її роль у формуванні сталого суспільства; цифрові інновації в галузі охорони здоров'я; блокчейн та фінансові технології для сталого розвитку; управління проектами цифрової та зеленої трансформації; BLUE-GREEN інфраструктура як спосіб пом'якшення зміни клімату.

УДК 005:004.896:62-65:338.3

Digital innovation & sustainable development 2024: Proceedings of I st International Conference, Kharkiv, November 15, 2024: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], . — X. : PH Ivanchenka I., 2024. - 80 p.

The collection includes abstracts on current trends in digital innovations in Industry 5. 0 and automation in industry; additive manufacturing (3D printing) as part of the digital and green transformation of production; sustainable development and digital transformation in energy systems; Internet of Things (IoT) and smart cities: management and technologies; artificial intelligence and machine learning for sustainable development; digital education and its role in shaping a sustainable society; digital innovations in healthcare; blockchain and financial technologies for sustainable development; project management of digital and green transformation; BLUE-GREEN infrastructure as a way to mitigate climate change.

Editorial board: Igor.Sh. Nevlyudov, Irina. V.Kolupaieva,Vladyslav.V. Yevsieiev

Результати наукових досліджень, що представлені у збірнику, виконані в межах реалізації **Міжнародного проєкту Erasmus+ Jean Monnet Module #101047751-EUDI4C «Ukraine-EU: Digital innovations making connections 4 changes»**

ISBN 978-617-8332-34-1

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), ХНУРЕ,2024.

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Bratislava University of Economics and Management
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
Economics and Management at Angers University
NGO «Nasz Dom»
Факультет автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР),

МАТЕРІАЛИ
I-ої Міжнародної Конференції
ЦИФРОВІ ІННОВАЦІЇ
&
СТАЛИЙ РОЗВИТОК 2024

(15 листопада 2024)
Харків, Україна

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Ігор Невлюдов** голова комітету конференції, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки України; лауреат Державної премії України в галузі освіти, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна
- Юрій Ромашов** заступник голови комітету конференції, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Владислав Євсєєв** секретар, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Michal Fabuš** Vice-rector for Foreign Affairs, PhD, Bratislava University of Economics and Management, Slovakia
- László Vértesy** Dr. habil, PhD jur, PhD oec, Associate Professor, Head of Economics and Natural Resources Department of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Hungary
- David Cayla** PhD, Associate Professor of Economics and Vice-Dean of the Faculty of Law, Economics and Management at Angers University, France
- Nadiya Dubrovina** Associate Professor, Csc., PhD, Department of Economics and Finance, Bratislava University of Economics and Management, Slovakia
- Boguslaw Blicharski** Vice-president NGO «Nasz Dom», Poland
- Jacek Nowak** Member of NGO «Silk Road», PhD, Poland
- Роман Артюх** кандидат технічних наук, доцент, директор ДП «Південний державний проектно-конструкторський інститут авіаційної промисловості», Україна
- Ірина Колупаєва** доктор економічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна

Наталія Фурманова кандидат технічних наук, доцент, декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка», Україна

Денис Мосьпан кандидат технічних наук, доцент кафедри «Комп'ютерної інженерії та електроніки» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, Україна

Анатолій Андрусевич доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету, Україна

Наталія Демська кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна

ЗМІСТ

A. Yechevskyi

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR SMART CITIES: HOW IOT AND 5G CAN CHANGE ROAD INFRASTRUCTURE AND REDUCE EMISSIONS 10

Vladyslav Yevsieiev

ECOSYSTEM MODEL OF THE CONCEPT OF INDUSTRY 5.0 12

Horban Andrii

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR ENHANCED SECURITY IN INDUSTRIAL FACILITIES 14

Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demska

COMPARISON OF FUNCTIONAL CAPABILITIES OF CLASSIC MANIPULATOR ROBOTS AND COLLABORATIVE ROBOTS 16

В.В. Карташова, А.І. Бронніков

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ 18

K. Polikanov, S. Sotnik

SMART HOME WITH HOUSE MODULE: OVERVIEW OF AUTOMATION TECHNOLOGIES 20

Rostyslav Marunich, Svitlana Sotnik

APPROACHES TO ENSURING THE EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF IOT TECHNOLOGIES IN VARIOUS INDUSTRIES 22

Yan Khalimonov, Iryna Sezonova, Svitlana Sotnik

APPROACHES TO ENSURING PROPER WORKING CONDITIONS USING SENSOR TECHNOLOGIES ІoТ 24

Tokar Vladyslav

DEVELOPMENT OF THE RUKHIV VIVALENNA SYSTEM AT NEARBY ENTERPRISES 26

Svetlana Starikova, Ilya Karpenko

ANALYSIS OF FEATURES IN THE DESIGN OF SMALL-DIMENSIONED ROBOTS 28

Ігор Голод

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА ВИРОБНИЦТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ..... 30

<i>Скляров М. В., Тарасенко К. А., Цимбал О. М.</i>	
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ AI ТА 3D-ТЕХНОЛОГІЙ У РІЗНІ ГАЛУЗІ НАВЧАННЯ	32
<i>Stetsenko Kateryna</i>	
BLOCK DIAGRAM OF A ROBOTIC ASSISTANT FOR PEOPLE WITH DISABILITIES AND JUSTIFICATION OF THE SELECTED COMPONENTS	34
<i>Д.А. Янушкевич, І.О.Толкунов, Л.С.Іванов</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ У СФЕРІ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ	36
<i>Д.А.Янушкевич, Л.С.Іванов</i>	
СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ QUALITY 5.0 НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЇ INDUSTRY 5.0	38
<i>Дмитро Кухаренко, Денис Тимченко, Олексій Юрко</i>	
ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДІЛЯНОК ФОНОКАРДІОГРАМ В СЕРЕДОВИЩІ LABVIEW	40
<i>Тітов Г.О., Шубін І.Ю., Аллахверанов Р.Ю</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНОК ЧАСУ В СУЧАСНИХ МЕТОДОЛОГІЯХ AGILE ДЛЯ РОЗРОБКИ ПЗ	42
<i>Nikita Hryshchuk</i>	
NEWTON'S METHOD FOR REAL-TIME DRONE TRAJECTORY CORRECTION ...	44
<i>Dmytro Gurin</i>	
INDUSTRY 5.0 IN MODERN MANUFACTURING	46
<i>Irina Kolupaieva, Igor Nevliudov, Yurii Romashov, László Vértesy</i>	
AUTOMATION SYSTEMS FOR EUROPEAN GREEN AND DIGITAL TRANSITIONS	48
<i>Roman Maksym, Yurii Romashov</i>	
THE DIGITAL TWIN TO REPRESENT THE HEAT EXCHANGER AS THE AUTOMATION OBJECT THROUGH THE PARAMETRIC IDENTIFICATION	50
<i>Соколькова А. О., Аврунін О. Г</i>	
ПЕРСОНАЛІЗОВАНІ 3D-МОДЕЛІ ДЛЯ СТЕРЕОЕНДОСКОПІЧНОЇ ХІРУРГІЇ ПАЗУХ НОСА: СИНЕРГІЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЦИФРОВИХ ІННОВАЦІЙ У РИНОЛОГІЇ	52

<i>Софія Хрустальова</i>	
ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	54
<i>Maksym Kryuyi, Yurii Romashov</i>	
ENERGY EFFICIENCY CONTROLS FOR THE TRANSIENT MODES OF THE ELECTRIC DRIVES WITH THE DIRECT CURRENT ELECTRIC MOTORS	56
<i>Artem Maniakin, Yurii Romashov</i>	
UNIFORM APPROACHES FOR THE PARAMETRIC IDENTIFICATION OF THE AUTOMATION OBJECTS TROUGH THE DIGITALISED DATA OF THE MEASUREMENTS	58
<i>Vladyslav Momot, Yurii Romashov</i>	
DIGITALISATED MEASUREMENTS FOR PARAMETRIC IDENTIFICATION TO ESTIMATE THE CURRENT TECHNICAL STATE OF AUTOMATION OBJECTS	60
<i>Vladyslav Onyshchenko, Yurii Romashov</i>	
IMPROVED PARAMETRIC IDENTIFICATION FOR THE LINEAR AUTOMATION OBJECTS BASED ON THE DIGITALISED MEASUREMENTS	62
<i>Самойленко Г.Ю.</i>	
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДИНАМІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	64
<i>Чернов К.А.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРІВ 3D ДРУКУ НА МІЦНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ	66
<i>Андрій Слюсар, Софія Хрустальова</i>	
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ WMS ТА WCS ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДСЬКИХ ОПЕРАЦІЙ	68
<i>Катерина Німець, Світлана Максимова</i>	
СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ. ОГЛЯД	70
<i>Віталій Тетеря, Світлана Максимова</i>	
ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТКОВО СПОСТЕРЕЖУВАНОЇ МАРКОВСЬКОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛЮДИНИ В РОБОЧІЙ ЗОНІ КОЛАБОРАТИВНОГО РОБОТА	72
<i>О. О. Гуртовий, В. М. Березний</i>	
ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ RSSI ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ РАДІОТРАКТУ ПРИСТРОЇВ ІОТ	74

Ruslan Kulykovskyi, Nataliia Furmanova, Oleksandr Malyi

DIGITAL EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: THE ROLE OF
EUROPEAN DIGITAL INNOVATION HUBS 76

László Vértesy

DIGITAL CITIZENSHIP IN HUNGARY 78

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR SMART CITIES: HOW IOT AND 5G CAN CHANGE ROAD INFRASTRUCTURE AND REDUCE EMISSIONS

A. Yechevskyi

Kharkiv National University of Radio Electronics Ukraine, 14 Nauky Ave.

E-mail: anatolii.yechevskyi@nure.ua

Abstracts: The report discusses innovative solutions for smart cities based on IoT and 5G technologies. The main focus is on adaptive traffic management, which reduces congestion, optimizes traffic flows, and reduces CO₂ emissions. The technical aspects of implementing such systems and their impact on sustainable development are analyzed. A comparison of traditional and innovative solutions shows the benefits of using IoT in transport infrastructure.

Keywords: Internet of Things, 5G, smart cities, transportation, ecology

Today, Internet of Things (IoT), Big Data, and robotics technologies have become key drivers of digital transformation in all spheres of life [1-3]. IoT devices, from smart home systems to industrial sensors, generate huge amounts of data that, thanks to Big Data technologies, can be efficiently analyzed to gain valuable insights and make informed decisions. Robotics, in turn, uses this data to automate processes and create intelligent systems that can adapt to changing conditions [4]. The synergy of these technologies opens up unprecedented opportunities for optimizing production, improving the quality of life of people and developing innovative solutions in medicine, logistics, agriculture and other industries.

In today's world, cities face several challenges related to transportation infrastructure, including congestion, air pollution, inefficient traffic management, and high carbon dioxide (CO₂) emissions. One of critical solutions to overcome these problems is introduction of Internet of Things technologies combined with 5G capabilities, which allow for creation of intelligent transportation management systems. The development of 5G opens up new opportunities for IoT deployment on massive scale due to its high data transfer speeds and minimal delays. This allows cities to implement real-time adaptive solutions that help optimize traffic flows, reducing congestion and, as result, reducing CO₂ emissions.

The Internet of Things enables new models of transport infrastructure management where all elements of road system interact with each other. Sensors, cameras, smart lights, and other devices connected to single network can collect and exchange data in real time. This allows for accurate traffic control decisions based on current load on roads.

One of most promising solutions is smart traffic lights and road signs, which can regulate traffic flow depending on current road situation. For example, traffic lights can automatically adjust their cycle to provide so-called "green wave" - when several traffic lights work in unison, allowing cars to move without stopping at intersections. This not only reduces travel time but also helps to reduce emissions, as cars are not idling while waiting for green signal.

Adaptive road signs can change their information depending on current situation, for example, to provide traffic direction recommendations in case of traffic jams, accidents, or other emergencies.

One of main benefits of IoT-based adaptive traffic management systems is their contribution to sustainable urban development. Reducing vehicle idling time in traffic jams and optimizing traffic flows directly affect reduction of CO₂ and other harmful air emissions.

To effectively implement IoT and 5G solutions in transportation infrastructure of smart city, several vital technical aspects must be taken into account. First, infrastructure for low-latency data transmission is provided by 5G networks and intelligent systems for processing vast amounts of information in real-time.

Advantages of 5G for IoT in transportation: providing data transmission speeds of up to 20 Gbps, which allows for transfer of large amounts of data in real-time; latency in 5G networks has been reduced to 1 ms, which is essential for operation of adaptive traffic management systems; 5G allows millions of IoT devices to be connected in small area, making it possible to massively deploy sensors and cameras to monitor traffic in megacities.

Implementing such system requires comprehensive infrastructure that includes:

- sensors and cameras to collect data on traffic flows;

- cloud computing systems for processing large amounts of data;
 - artificial intelligence (AI) systems for real-time data analysis and decision-making in transportation management. Table 1 compares traditional and innovative traffic management solutions.

Table 1 – Comparison of traditional and innovative traffic management solutions

Parameter	Traditional traffic management systems	Smart systems based on IoT and 5G
Type of control	Fixed traffic light cycles	Adaptive cycles that change in real time
Delay in decision-making	High (manual control)	Low (less than 1 ms, automated solution)
Data collection	Local, limited	Scalable, by IoT sensors
Traffic optimization	Limited	High, taking into account real workload of tracks
Environmental impact (CO ₂ emissions)	High due to standing in traffic jams	Reduced due to optimized movement and reduced time idle time
Implementation of new technologies	Difficulties in modernization	Easy integration of new technologies and updates

The introduction of innovative IoT and 5G-based systems into transportation infrastructure of smart cities has significant impact on sustainable development. One of the most apparent advantages is significantly reducing negative environmental impact.

A study conducted in smart cities such as Barcelona and Amsterdam showed that introducing adaptive traffic management systems can reduce CO₂ emissions by 10-15 %.

Adaptive traffic management can reduce need to build new roads and expand transportation infrastructure, which helps preserve natural green spaces in cities. This contributes to better environmental situation and preservation of biodiversity in urban areas.

CONCLUSIONS. Innovative solutions based on IoT and 5G have vast potential to change cities' transportation infrastructure. Introducing smart traffic lights, adaptive road signs, and traffic monitoring systems can significantly improve traffic management efficiency, reducing congestion, cutting greenhouse gas emissions, and increasing overall level of comfort for city residents.

References:

1. Халімонов Я. І., та інші. (2024). Створення інтелектуального модулю для автоматизованого моніторингу середовища у приватних та комерційних приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій. International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics and Telecommunications dedicated to the 85th anniversary of the Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Measurements, PP. 176-181.
2. Hubar, A. Y. et al. (2024). Impact of automation and cals technologies on human factor in production. The 8th International scientific and practical conference “European congress of scientific achievements” (August 12-14, 2024) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, PP. 243-249.
3. Sotnik, S. V. (2024). Implementation of game-based learning method. Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2024 / Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Одеса, 26-27 вересня 2024 р., PP. 19-22.
4. Andreiev, A.S., et al. (2024). Analysis of robotics platforms for educational and research purposes. Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2024 / Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Одеса, 26-27 вересня 2024 р., PP. 25-27.

ECOSYSTEM MODEL OF THE CONCEPT OF INDUSTRY 5.0

Vladyslav Yevsieiev

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: vladyslav.yevsieiev@nure.ua

Annotation: The ecosystem model of the concept of Industry 5.0 provides for the integration of technologies of the fourth industrial revolution with a focus on the human factor and sustainable development. This model emphasizes collaboration between robots and humans, implementing artificial intelligence to improve productivity while maintaining ecological balance. It also envisages the creation of synergies between digital innovation and social needs, promoting the development of cyber-physical systems within the framework of sustainable production.

Keywords: Industry 5.0, ecosystem, concept.

The evolution of Industry 5.0 technologies differs from the digital revolution of Industry 4.0 in that it transforms human labor into a joint activity of robots and creative individuals in order to produce customized products and services that meet the tastes, wishes and financial capabilities of consumers. Theoretical and empirical studies by scientists [1–5] allow us to assert that Industry 5.0 is comprehensive and universal and has progressive development potential, that is, the ecosystem model of the concept of Industry 5.0 can be presented in Figure 1.



Figure 1 – Ecosystem of the Industry 5.0 concept

The methodology of Industry 5.0 as a relatively new direction has an interdisciplinary nature and
 Proceedings of I st International Conference “Digital innovation & sustainable development 2024”
 Kharkiv, November 15, 2024

provides for the analysis of economic, social, informational and environmental globalism differentiated by the tools of analysis. It is especially important for such research to take into account the scale and dynamics of the process of forming a system of global management of the planet's resources and redistribution of world income. Industry 5.0 becomes, on the one hand, a source and stimulator of competition, providing new opportunities for development, and on the other hand, it creates contradictions and challenges of a local and general civilizational scale. In our opinion, from a theoretical and methodological point of view, there is a systemic asymmetry of socio-ecological economic development, caused by the growing interdependence between macro- and micro-level economic entities. A systematic study of the origins and manifestations of the fifth industrial revolution involves the analysis of the main trends that characterize Industry 5.0. The first trend assumes that Industry 5.0 will quantitatively cover all countries, and qualitatively - all spheres of human activity. The fifth industrial revolution involves collaboration between humans and intelligent systems such as robots. At the same time, we are talking about robots that help people work better and faster, using advanced technologies: the Internet of Things, big data, virtual and augmented reality technologies. People and systems will act as partners, not competitors. At this stage of industrial development, automated mechanisms will perform monotonous, repetitive tasks, and human resources will be responsible for the creative component, control management systems and the level of production quality. Therefore, the goal of Industry 5.0 is the synthesis of cognitive computing capabilities with human intelligence and ingenuity in complex production, management and business processes. The second trend is the fact that Industry 5.0 will be based on the bioeconomy. Optimum use of biological resources for production purposes will help achieve a balance between ecology, industry, society and economy.

CONCLUSIONS. The ecosystem model of Industry 5.0 aims to harmonize technological progress with social and environmental challenges, emphasizing a human-centric approach. It emphasizes the importance of cooperation between humans and robots, which opens up new opportunities for sustainable development, increased productivity and improved quality of life in the context of digital transformation.

References:

1. Yevsieiev, V., Alkhalaileh, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Research of Existing Methods of Representing a Collaborative Robot-Manipulator Environment within the Framework of Cyber-Physical Production Systems. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 112-120.
2. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
3. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*.
4. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2023). Comparative analysis of the advantages and disadvantages of collaborative robot control methods within Industry 5.0.
5. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 3046116.
6. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*.
7. Maksymova, S., Abu-Jassar, A., Gurin, D., & Yevsieiev, V. (2024). Comparative Analysis of methods for Predicting the Trajectory of Object Movement in a Collaborative Robot-Manipulator Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(10), 38-48.
8. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR ENHANCED SECURITY IN INDUSTRIAL FACILITIES

Horban Andrii

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: andrii.horban@nure.ua

Annotation: This paper presents the development and design of an automated access control and management system (AACMS) for industrial facilities. The structural diagram integrates key modules such as facial recognition and RFID-based identification, ensuring multi-factor authentication for enhanced security. The system includes a camera for biometric facial recognition, an RFID reader for card-based identification, and an electronic lock mechanism. A microprocessor module (MM) acts as the control unit, processing data from the RFID module and communicating with a laptop or single-board computer. The system operates by scanning both the user's face and RFID card, verifying the data, and providing access if both criteria are met. The integration of these two identification methods – biometric (facial recognition) and RFID – ensures a robust and secure access control process, improving the overall safety of the industrial facility.

Key words: automated access control, RFID Identification, Multi-Factor Authentication, Industrial Security.

Automated access control systems are an integral part of modern industrial enterprises, as they ensure security and efficient personnel management. One of the critical stages in the development of such systems is the design of the structural diagram, which provides a comprehensive understanding of the system's functioning, the interaction of its components, and the logical sequence of operations. This allows not only for process optimization but also for increasing the reliability and security of the system, ensuring its adaptability to potential future changes [1-2].

The design of the structural diagram for an automated access control system (AACS) is a crucial stage that ensures a comprehensive understanding of the system. The diagram identifies key elements such as sensors, controllers, and information processing systems. It helps to detect potential risks, optimize component interaction, and improve system reliability. Important criteria in the design process include contactless employee identification using computer vision and wireless technologies (RFID, NFC), which enhance system efficiency and security [3-4].

Based on the selected criteria that the AACS being developed for the industrial facility must meet, as well as the selected technologies presented in Table 1, the following structural diagram of the AACS for the industrial facility is proposed, as shown in Figure 1.

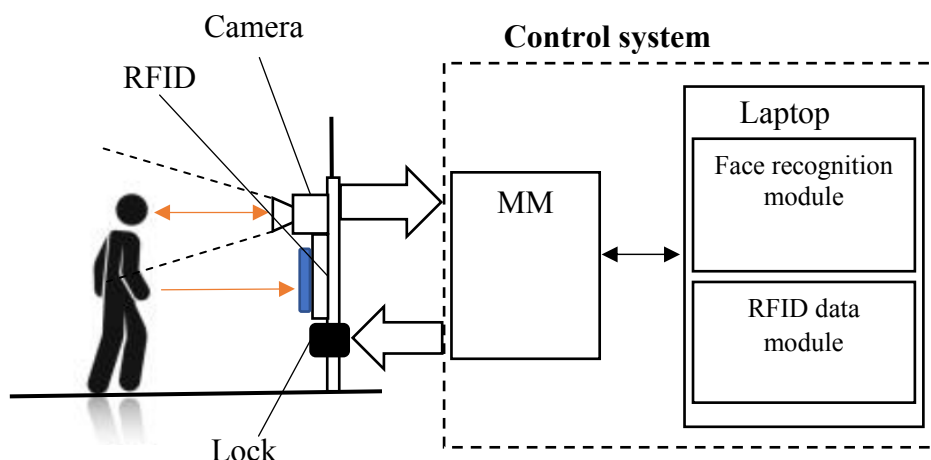


Figure 1 – Structural diagram of the layout of the automated system of access control and management in production

The structural diagram shown in Figure 1 illustrates a management system based on an automated access control and management system (AACMS), which integrates various modules for facial recognition and identification using RFID. Below is a description of the purpose of each component:

- Camera, responsible for capturing images or video of a person’s face for further analysis. It is used in the facial recognition module to identify the user based on biometric data.
- RFID, this module reads RFID cards or other identifiers. It contains a reader that interacts with an RFID chip embedded in a card or another object to confirm the identification of a person or object.
- Lock, an electronic lock or access blocking mechanism that receives signals from the control system to open or lock doors after successful user identification via the facial recognition or RFID modules.
- Microprocessor Module (MM, the system’s control unit, which processes data received from the RFID module. It reads user card data, decodes the information, and transfers it to a laptop. The MM also receives data from the laptop and controls whether the electronic lock should open or remain closed.
- Laptop, a device responsible for data processing and system management. It contains two primary software modules: the facial recognition module and the RFID data module.
- Facial Recognition Module, the system’s software component that analyzes data from the camera and determines whether the user’s facial image matches the pre-recorded biometric data. If the identification is successful, the data is transmitted to the control module to grant access.
- RFID Data Module, a software module that stores RFID code data, which grants access rights to the industrial premises.

CONCLUSIONS. Operation Principle of the AACMS Model for the Industrial Facility: the identified object approaches the access control point at the facility, the system scans the face and reads data from the RFID card, the data from the camera is directly transmitted to the laptop or single-board computer, while the RFID card data is decoded in the MM and sent via a USB port as a 16-digit code to the laptop or single-board computer, on the laptop or single-board computer, the facial recognition module analyzes the received facial image and checks it against the stored samples, while simultaneously verifying the 16-digit RFID card code. If both parameters match positively, the system sends a command via the MM to unlock the door. If one or both parameters do not match, the system does not unlock the door. The developed system combines two identification methods – biometric (facial recognition) and RFID – providing a multi-factor approach that enhances access security.

References:

1. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
2. Moiseev, M., Maksymova, S., Yevsieiev, V., & Alkhalailah, A. (2024). Program Algorithm for Monitoring System Development. *Journal of Universal Science Research*, 2(7), 33–43. Retrieved from <https://inlibrary.uz/index.php/universal-scientific-research/article/view/36023>.
3. Nevliudov, I. S., Yevsieiev, V. V., Maksymova, S. S., Omarov, A. O. M., & Klymenko, O. M. (2023). Conveyor Belt Object Identification: Mathematical, Algorithmic, and Software Support.
4. Nataliya, M., & Olexander, P. (2024). DEVELOPMENT OF A CYBERPHYSICAL SYSTEM FOR MONITORING FIRE SAFETY. *System technologies*, 1(150), 100-107.
5. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Remote Monitoring System of Patient Status in Social IoT Environments Using Amazon Web Services (AWS) Technologies and Smart Health Care. *International Journal of Crowd Science*.
6. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS USED IN INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0. *Collection of scientific papers «ΑΙΓΟΣ»*, (September 29, 2023; Bologna, Italy), 113-115.
7. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Starodubcev, N., & Klymenko, O. (2023, September). Monitoring System Development for Equipment Upgrade for IIoT. In *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)* (pp. 1-5). IEEE.

COMPARISON OF FUNCTIONAL CAPABILITIES OF CLASSIC MANIPULATOR ROBOTS AND COLLABORATIVE ROBOTS

Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demska

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: vladyslav.yevsieiev@nure.ua, nataliia.demska@nure.ua

Annotation: Analysis of the functional capabilities of classical manipulator robots and collaborative robots shows key differences in their areas of application, interaction with people, and flexibility in performing tasks. Classic robots are focused on high productivity in an isolated environment, while collaborative robots ensure safe and effective collaboration with people in a shared workspace. This opens up new opportunities for automation, especially in the context of flexible and adaptive manufacturing processes.

Key words: Industry 5.0, collaborative work, classic work, functionality.

Comparing the functional capabilities of classic manipulator robots and collaborative robots (cobots) is important because of their different fields of application and technological features. Classic robot manipulators are usually used in heavy industrial environments where monotonous or high-speed operations need to be performed with high precision. They work in conditions of isolation from humans due to the high level of risk, but are able to perform tasks that require a large carrying capacity. At the same time, collaborative robots are optimized for safe interaction with people, making them ideal for use on production lines where flexibility and adaptability to different processes are required. Cobots are easy to set up and operate, which allows them to be used in small and medium-sized enterprises, as well as in scientific research. Therefore, comparing these types of robots allows you to better understand their strengths and weaknesses, which is key to choosing the optimal solution for specific production tasks. A comparison of the functional capabilities of a classic manipulator robot and collaborative robots (Cobot Fanuc CRX-25iA, KUKA LBR iisy 15 R930) is shown in Table 1.

Table 1 – Comparison of the functional capabilities of a classic manipulator robot and collaborative robots

Functional capabilities	A classic manipulator robot	Cobot
1	2	3
Appointment	Mainly for heavy industrial tasks, repetitive operations in an environment with a high degree of automation	For collaboration with people, easy automation of tasks in different environments
Security	Requires fencing, sensors and safety barriers to prevent accidents	Integrated force, moment and safety sensors allow you to work alongside people without additional barriers
Programming	More complex programming systems require knowledge of robot programming languages	Intuitive programming via tablets or HMI, easy setup for non-professional users
Repeatability of operations	High accuracy and repeatability for similar tasks	High accuracy, but designed for more diverse and flexible tasks

Continuation of table 1

1	2	3
Flexibility of use	Limited, intended for narrow tasks and programmed operations	Flexible, easily integrated into various production processes, possibility of quick reconfiguration
Speed of work	Usually faster, for high-speed production	Less fast, optimized for safe collaboration with people
Sensors and sensors	Limited or absent safety sensors, optional equipment possible	Integrated sensors for force and moment control, ensuring safety and adaptability
Mobility	Usually stationary, heavy installation	Compact, easy installation, possibility of use in different places
Cooperation with a person	Requires complete isolation from people due to high risk of accidents	Specially designed for safe collaboration with a person (collaboration)

Table 1, comparing the functionality of classic manipulator robots and collaborative robots, shows that each type has its own unique advantages and limitations. Classic manipulator robots are more suitable for large productions, where high speed, accuracy and the ability to work with heavy loads are important. However, their use requires additional safety measures, as they cannot work next to people without isolation. Collaborative robots, on the other hand, are optimized for safe human interaction, making them more flexible and convenient to implement in environments that require rapid adaptation to changes in production processes. They have lower load capacity and speed, but offer greater flexibility and ease of programming, making them ideal for small and medium-sized businesses.

CONCLUSIONS. A comparison of classic manipulator robots and collaborative robots shows that collaborative robots offer greater flexibility and safety when working with humans, making them more adaptable in modern production environments. At the same time, classic robots remain effective for tasks that require high precision and speed in an isolated environment.

References:

1. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
2. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2023). Comparative analysis of the advantages and disadvantages of collaborative robot control methods within Industry 5.0.
3. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 3046116.
4. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*.
5. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2024). *Study of Methods of Dynamic Description of The Environment for Collaborative Robots-Manipulators in the Concepts of Industry 5.0* (Doctoral dissertation, Collection of scientific papers «SCIENTIA»).
6. Maksymova, S., Abu-Jassar, A., Gurin, D., & Yevsieiev, V. (2024). Comparative Analysis of methods for Predicting the Trajectory of Object Movement in a Collaborative Robot-Manipulator Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(10), 38-48.

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

В.В. Карташова, А.І. Бронніков

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: varvara.kartashova@nure.ua, artem.bronnikov@nure.ua

Анотація: В цій роботі досліджується застосування нейронних мереж у промислових системах для оптимізації виробничих процесів. Оцінюється вплив технологій штучного інтелекту на підвищення продуктивності, зниження витрат та поліпшення умов праці. Представлено аналіз основних алгоритмів нейронних мереж та їх інтеграція з іншими сучасними технологіями.

Ключові слова: Індустрія 5.0, штучний інтелект, промислові системи, нейронні мережі, оптимізація виробництва.

Індустрія 5.0 вимагає впровадження сучасних технологій, таких як штучний інтелект та нейронні мережі, для досягнення більш продуктивного процесу. Мета цієї роботи – оцінити переваги та перспективи використання цих технологій, дослідити їх можливості та приклади застосування для оптимізації виробництва. В промислових реаліях, виробничі процеси постійно стають більш складними, тому інтеграція штучного інтелекту є важливою складовою для забезпечення стійкого розвитку та конкурентоспроможності на ринку [1].

Застосування нейронних мереж у промисловості має велике значення, вони здатні аналізувати великі обсяги даних, прогнозувати можливі перебої обладнання, а також, адаптуватися до змінних умов виробництва, що є особливо важливим у сучасних умовах. Нейронні мережі активно використовуються в різних промислових галузях для підвищення ефективності та автоматизації процесів. Наприклад, Tesla застосовує їх для автопілота, General Electric оптимізує енергомережі, а Shell прогнозує технічне обслуговування обладнання. Siemens інтегрує нейронні мережі для автоматизації виробництва, тоді як Amazon оптимізує роботу своїх складів. У фармацевтиці Pfizer використовує нейронні мережі для розробки ліків, а BMW та BASF підвищують якість продукції та ефективність виробництва за допомогою цих технологій.

Досягнуті результати включають скорочення часу простоїв, зниження витрат на технічне обслуговування та підвищення якості продукції. Це дає можливість підприємствам працювати більш ефективно, знижуючи витрати і збільшуючи конкурентоспроможність на ринку. Впровадження нейронних мереж сприяє переходу до більш гнучкого, автоматизованого виробництва, що відповідає вимогам Індустрії 5.0 [2].

Алгоритми, що лежать в основі нейронних мереж, відіграють ключову роль у реалізації їх потенціалу в оптимізації виробничих процесів. Наприклад, алгоритми глибинного навчання забезпечують здатність мереж виявляти складні шаблони в даних, що дозволяє не лише вчасно реагувати на потенційні несправності, але й зменшувати ймовірність їх виникнення в майбутньому. Використання таких алгоритмів сприяє створенню прогностичних моделей, які забезпечують підвищену точність у плануванні технічного обслуговування [3].

Додатково, оптимізаційні алгоритми, які працюють у синергії з нейронними мережами, дозволяють підприємствам ефективно розподіляти ресурси, управляти ланцюгами постачання та налаштовувати виробничі процеси відповідно до актуальних ринкових умов. Завдяки цим алгоритмам, компанії можуть створювати динамічні бізнес-моделі, які адаптуються до змін у попиті та пропозиції, що є особливо важливим в умовах швидко змінюваного ринку. У результаті, впровадження таких алгоритмів не лише підвищує ефективність виробництва, але й відкриває нові горизонти для інновацій і розвитку, відповідаючи вимогам Індустрії 5.0 (рис. 1).



Рисунок 1 – Нейронні мережі та виробництво

ВИСНОВКИ. Дослідження вказують на те, що нейронні мережі надають промисловим системам суттєві конкурентні переваги, зокрема в підвищенні продуктивності та вдосконаленні процесів управління якістю. Їхня здатність обробляти величезні обсяги даних у режимі реального часу дозволяє знижувати витрати на виробничі процеси і обслуговування, а також зменшувати ймовірність виникнення збоїв у виробництві. Основні переваги нейронних мереж включають автоматизацію рутинних операцій, можливість точного прогнозування можливих несправностей, а також поліпшену ефективність контролю якості продукції. Це особливо важливо для секторів, де швидка адаптація до змін у попиті та підвищені стандарти якості є критичними, наприклад, в автомобільній чи фармацевтичній галузі. Перспективи впровадження нейронних мереж у промисловість обіцяють подальший розвиток штучного інтелекту, що відкриє шлях до більш інтелектуальних і автономних виробничих процесів. Використання методів глибинного навчання і навчання з підкріпленням дозволить інтегрувати технології з Інтернетом речей (IoT) і автоматизованими системами, що сприятиме створенню «розумних» виробництв, які здатні самостійно оптимізувати свої операції без потреби у людському контролі [4].

Література:

1. Van der Meer, J. G. M., van der Laan, M. A. D., & van der Rijt, P. H. A. J. (2020). Artificial Intelligence in Manufacturing: Opportunities and Challenges. *Procedia Manufacturing*, 51, 1482-1490. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>.
2. LeCun, Y., Bengio, Y., & Haffner, P. (2015). Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>.
3. Duflou, J. R., & et al. (2012). Sustainability and Innovation in Manufacturing: A Research Agenda. *Journal of Cleaner Production*, 31, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.023>.
4. B. G. W. W. Behnam, K. E. Ahmadi, & K. F. V. Khalaf. (2021). Industrial Process Optimization using Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Expert Systems with Applications*, 176, 114861. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114861>.
5. Роботизація виробництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mplast.by/wp-content/uploads/2019/11/avtomatizatsiya-proizvodstva-roboti-037.jpg>

SMART HOME WITH HOUSE MODULE: OVERVIEW OF AUTOMATION TECHNOLOGIES

K. Polikanov, S. Sotnik

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: kyrylo.polikanov@nure.ua svetlana.sotnik@nure.ua

Annotation: The work discusses main automation technologies used in concept of "smart home" on Modular House platform. The advantages of modular approach to construction and integration of automation systems, including IoT, automated systems for climate control, security and energy management, are described. The features of increasing comfort due to such solutions, as well as issues regarding safety and energy efficiency of housing, providing users with opportunity to flexibly manage their environment, are determined. Attention is paid to prospects for development of similar technologies in future.

Key words: smart home, house module, Automation, IoT, climate control, security systems, energy efficiency.

Modern automation technologies are becoming integral part of our daily lives [1-4]. One of most relevant concepts is "smart home", which provides automatic control of various building systems: lighting, climate control, security, energy consumption, etc. The innovative architectural platform Modular House, based on principles of modularity and adaptability, greatly simplifies implementation and management of such technologies in residential premises. The study will consider key aspects of smart home automation based on Modular House platform, which is timely and in line with current trends in development of technologies in modern industries.

The Modular House platform is based on idea of modular design, which allows you to create living spaces from individual modules that are easy to assemble and customize according to needs of user. This approach not only reduces construction costs, but also creates convenient basis for integration of automated systems.

A modular approach to building house provides following functional points:

1. Flexibility in installation of automation systems, i.e. when module can be equipped with necessary sensors and controllers at production stage.
2. Scalability, which makes it possible to add new automated functions when expanding or reconfiguring house, which occurs without complex changes in existing infrastructure.
3. System interoperability, which means easy integration of modules with different automation protocols and platforms, allowing for variety of hardware and software.

Within framework of "smart home" concept, various automation technologies are used with Modular House, which significantly increase comfort, safety and energy efficiency of home.

The central technology is IoT (Internet of Things), which allows you to connect variety of devices and sensors to single network, providing ability to remotely control lighting, temperature, alarms and other parameters using smartphone or computer. Climate automation systems, including temperature, humidity and air quality sensors, as well as smart thermostats, are also important element. Thanks to these systems, energy consumption for heating and air conditioning is optimized, which creates comfortable conditions with minimal resource consumption.

Automated security systems, such as video surveillance cameras, motion detectors, access control systems, and alarm systems, contribute to level of home security [5, 6]. They can be integrated with other devices for remote monitoring and prompt notification of danger. In addition, automation technologies allow for efficient energy management: The systems monitor operation of electrical appliances, observe energy consumption, and optimize their use to reduce overall costs. The last important aspect is customization of automation scenarios, with help of which user can set different modes of home functioning, for example, automatic shutdown of all appliances upon leaving or individual climate settings for each room.

In context of Modular House, informatization and Big Data technologies play significant role. Processing large amounts of data from all sensors and devices allows system to constantly improve its performance [7, 8]. Based on collected information, behavioral patterns of residents are predicted, which allows optimizing operation of all systems in house. Machine learning ensures that automated systems adapt to individual user needs and optimize energy consumption based on historical data.

The study identified advantages of smart home concept with Modular House:

- improving comfort as main goal of implementing such systems, when automated systems provide ability to individually adjust environmental parameters in each part of house;
- energy efficiency, as integration of smart solutions allows to reduce energy consumption and reduce housing maintenance costs through rational use and redistribution of resources;
- security, as by using variety of technologies that directly interact with building as single system, automation devices create higher level of protection for building from both external threats and internal accidents, such as gas leaks or fires.

CONCLUSIONS. Automation technologies in context of Modular House platform open up new opportunities for integrating intelligent solutions into construction. The use of IoT, intelligent security systems, climate control and energy efficiency allows us to create environmentally friendly and functional buildings adapted to needs of modern people. The development of such technologies has prospects not only in private housing, but also in large-scale infrastructure projects, making them relevant for future generations of engineers and architects. This research will be prerequisite for further development of new system for smart home.

References:

1. Сотник, С. В. та інші. (2023). Аналіз систем автоматизації визначення умов у житлових та робочих приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих рішень. Автоматизація, електроніка та робототехніка (AERT-2023), PP. 32-35.
2. Sotnik, S. V. (2024). DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR CONTINUOUS CASTING. Radio Electronics, Computer Science, Control. №2, PP. 181-189.
3. Hubar, A. Y. et al. (2024). Impact of automation and cals technologies on human factor in production. The 8th International scientific and practical conference “European congress of scientific achievements” (August 12-14, 2024) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, PP. 243-249.
4. Халімонов Я. І., та інші. (2024). Створення інтелектуального модулю для автоматизованого моніторингу середовища у приватних та комерційних приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій. International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics and Telecommunications dedicated to the 85th anniversary of the Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Measurements, PP. 176-181.
5. Sotnik, S. V., Vasylenko, Y. R. (2024). Analysis of design process of automated fire protection system. V Форум “Автоматизація, електроніка та робототехніка” (AERT-2023), PP. 59-62.
6. Кирпота, Ф. В. та інші. (2024). Визначення функціональних вимог в автоматизованій теплиці. International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics and Telecommunications dedicated to the 85th anniversary of the Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Measurements, PP. 182-185.
7. Капонкін, В. et al. (2024). The role of big data in improving functionality of search engines. The 8th International scientific and practical conference “European congress of scientific achievements” (August 12-14, 2024) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, PP. 69-76.
8. Sotnik, S. V. et al. (2024). Analysis of searching methods for explosive objects using information technology and computer modeling. Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXIV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 18-19 квітня 2024 р., PP. 20-22.

APPROACHES TO ENSURING THE EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF IOT TECHNOLOGIES IN VARIOUS INDUSTRIES

Rostyslav Marunich, Svitlana Sotnik

Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14
E-mail: rostyslav.marunich@nure.ua

Annotation: The work discusses current trends and challenges that arise in implementation of IoT technologies in various industries. The key aspects of integration of sensor systems for monitoring, management and optimization of processes in manufacturing, energy, agriculture and other sectors are described. The main constraints faced by enterprises when using such systems are analyzed, including technical, infrastructural and economic aspects. Particular attention is paid to security of data and ensuring its reliable transmission. A systematic approach to overcoming these limitations has been proposed, which contributes to optimization of process of implementing IoT solutions in various sectors of economy. The presented results are of practical value for modernization of existing facilities and development of new monitoring systems.

Key words: IoT, sensor technology, industrial IoT, sensor integration, condition monitoring, energy efficiency.

The Internet of Things (IoT) (Fig. 1) opens up new opportunities for various sectors of economy, providing increased efficiency, security, and process automation. Through combination of sensors, data processing systems, and communication technologies, IoT enables real-time monitoring and optimization of production processes, reducing resource costs, and increasing safety of personnel and equipment.

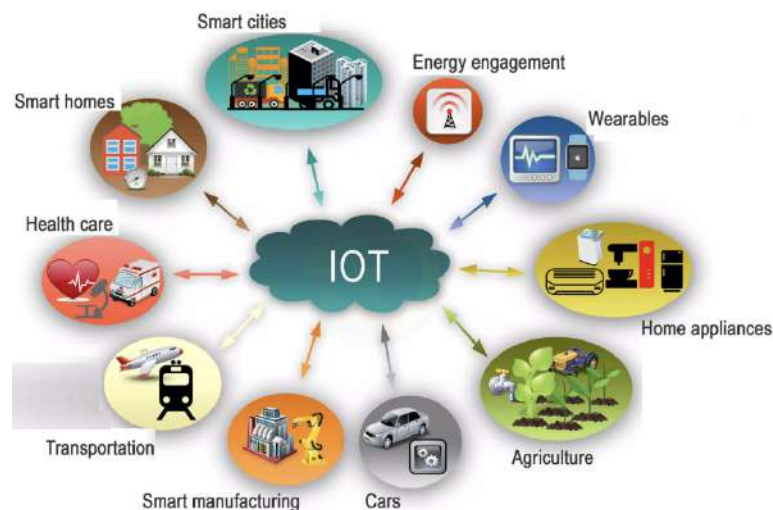


Figure 1 – Classification of Internet of Things

Effective implementation of IoT technologies in various industries is becoming an extremely important aspect of modern automation and robotics [1-5]. With growing need to increase productivity and optimize production processes, IoT opens up new opportunities for integrating intelligent solutions into automated systems. Thanks to ability to collect and analyze large amounts of data in real time, the implementation of IoT allows for better adaptation of systems to changes in production conditions [7, 8].

The purpose of this work is to study current trends and challenges that arise during implementation of IoT technologies in various industries, as well as to study limitations that affect effectiveness of these systems.

Objectives of study:

1. Analysis of current state of development of IoT technologies in industry, energy, agricultural sector and other industries.

2. Overview of main types of sensors and their characteristics for monitoring and controlling processes.

3. Study of different types integration principles of sensors into unified IoT systems.

4. Assessment of identified limitations impact on efficiency of IoT systems.

5. Analysis of existing methods of overcoming limitations and evaluation of their effectiveness.

The main challenges of IoT implementation. The integration of IoT into various industries is accompanied by certain challenges:

1. Technical limitations – need to create more reliable and secure sensor systems that can operate effectively in variety of environments.

2. Software constraints – development of software that ensures efficient processing of large amounts of data.

3. Security is cybersecurity issue, including data protection from unauthorized access.

4. Economic aspects – analysis of economic feasibility of implementing IoT technologies, including equipment and operating costs.

CONCLUSIONS. In course of study, it was determined that introduction of IoT technologies is effective tool for improving production processes and increasing energy efficiency. However, there are certain technical, economic, and security challenges that need to be addressed. Further development of IoT technologies is associated with improvement of methods for integrating sensor networks, improving security and optimizing costs of their implementation.

References:

1. Hubar, A. Y. et al. (2024). Impact of automation and calcs technologies on human factor in production. The 8th International scientific and practical conference “European congress of scientific achievements” (August 12-14, 2024) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, PP. 243-249.

2. Халімонов Я. І., та інші. (2024). Створення інтелектуального модулю для автоматизованого моніторингу середовища у приватних та комерційних приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій. International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics and Telecommunications dedicated to the 85th anniversary of the Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Measurements, PP. 176-181.

3. Sotnik, S. V. (2024). DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR CONTINUOUS CASTING. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2, PP. 181-189.

4. Сотник, С. В. та інші. (2023). Аналіз систем автоматизації визначення умов у житлових та робочих приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих рішень. Автоматизація, електроніка та робототехніка (AERT-2023), PP. 32-35.

5. Andreiev, A. S. et al. (2024). Analysis of robotics platforms for educational and research purposes. Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2024 / Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Одеса, 26-27 вересня 2024 р., PP. 25-27.

6. Зарубін, І.С. та інші. (2024). Ефективність використання роботизованих систем у виробництві. Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2024: матеріали І-ої Всеукраїнської конференції, Харків, 16-17 травня 2024 (CITAR-2024), PP. 150-153.

7. Sotnik, S. V. et al. (2024). Analysis of searching methods for explosive objects using information technology and computer modeling. Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXIV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 18-19 квітня 2024 р., PP. 20-22.

8. Каронкін, V. et al. (2024). The role of big data in improving functionality of search engines. The 8th International scientific and practical conference “European congress of scientific achievements” (August 12-14, 2024) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, PP. 69-76.

APPROACHES TO ENSURING PROPER WORKING CONDITIONS USING SENSOR TECHNOLOGIES IoT

Yan Khalimonov, Iryna Sezonova, Svitlana Sotnik

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: yan.khalimonov@nure.ua, svetlana.sotnik@nure.ua

Annotation: The work examines features of introduction of IoT sensor technologies to ensure appropriate conditions in production environment. Modern approaches to creation of integrated monitoring systems that allow to control key parameters of production process: from air quality to level of energy consumption are considered. A detailed analysis of existing constraints in implementation of such systems, including technological, infrastructural and economic aspects, is presented. Particular attention is paid to integration of different types of sensors into single network and ensuring reliable data transmission. A systematic approach to assessing and overcoming identified limitations has been proposed, which allows optimizing process of implementing IoT solutions in production. The presented results are of practical importance for modernization of industrial facilities and development of new systems for monitoring working conditions.

Key words: sensor technology, industrial IoT, monitoring of production conditions, occupational safety, energy efficiency, sensor integration, production automation, industrial safety.

Manufacturing facilities play important role in many industrial sectors. High productivity and security of work processes at these locations are priority to achieve effective results and reduce potential risks. Modern sensor technologies offer new approaches to control and management of production conditions that ensure optimal conditions at production sites and contribute to creation of comfortable environment for personnel and equipment [1-6].

The use of sensor technologies in production directly contributes to sustainable development both in Ukraine and at global level. They enable businesses to use resources more efficiently, which reduces energy consumption and emissions, and promotes environmental sustainability. By continuously monitoring conditions, sensors help maintain optimal environment for production processes, reducing risk of equipment breakdowns and reducing repair and replacement costs. This, in turn, extends life of equipment, reducing need for new resources and reducing waste.

The purpose of this study is to analyze existing approaches to ensuring proper conditions in production using IoT sensor technologies and identify their limitations.

Tasks to be completed to achieve goal: analysis of current state of use of IoT sensor technologies in production environment; investigate main types of sensors and their characteristics used to monitor production conditions; analyze principles of integration of different types of sensors into single IoT system for monitoring production conditions; investigate impact of identified limitations on efficiency of systems for monitoring and managing production conditions; analyze existing methods of overcoming identified limitations and evaluate their effectiveness.

One of innovative approaches to ensuring proper conditions in production is integration of QR codes into monitoring system. For example, employees can scan QR codes placed on equipment to gain instant access to information about device's status, maintenance history, and safety recommendations. This not only increases awareness of employees, but also contributes to faster response to possible problems, which can significantly improve working conditions [7-10].

Formulation of task to overcome identified limitations:

1. Technical limitations – identify and address deficiencies in existing sensor technologies, ensuring their integration with IoT to improve monitoring of working conditions.
2. Software limitations – developing software that enables efficient analysis and processing of sensor data, as well as integration with existing control systems.
3. Safety constraints – implementing additional measures to improve worker safety, including automated monitoring and early warning systems for hazards.

4. Economic constraints – analysis of costs of introducing new technologies and their effectiveness, in order to ensure economic feasibility of investments in improving working conditions.

CONCLUSIONS. As result of study, modern approaches to ensuring proper conditions in production with help of IoT sensor technologies have been analyzed and their main limitations have been identified. It is determined that integration of IoT technologies into production processes is effective tool for improving labor safety, optimizing energy consumption and improving working conditions for personnel. The main types of sensors for monitoring production conditions, including temperature, humidity, air quality, noise, vibration and energy control systems, are systematized. The key constraints of existing principles have been identified and classified, which include technical (sensory, network, energy), software (data processing, integration), security (cybersecurity, physical security) and economic (cost, operational) aspects. It is found that use of IoT sensor technologies contributes to sustainable development of enterprises by increasing energy efficiency, reducing environmental impact and optimizing use of resources. To overcome these limitations, it is necessary to develop standards for integrating IoT devices, improve security systems, and optimize data processing methods. The results of study can be used in design of new and modernization of existing production facilities.

References:

1. Халімонов Я. І., та інші. (2024). Створення інтелектуального модулю для автоматизованого моніторингу середовища у приватних та комерційних приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих технологій. International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics and Telecommunications dedicated to the 85th anniversary of the Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Measurements, PP. 176-181.
2. Hubar, A. Y. et al. (2024). Impact of automation and cals technologies on human factor in production. The 8th International scientific and practical conference “European congress of scientific achievements” (August 12-14, 2024) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, PP. 243-249.
3. Капонкін, V. et al. (2024). The role of big data in improving functionality of search engines. The 8th International scientific and practical conference “European congress of scientific achievements” (August 12-14, 2024) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain, PP. 69-76.
4. Sotnik, S. V. et al. (2024). Analysis of searching methods for explosive objects using information technology and computer modeling. Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXIV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 18-19 квітня 2024 р., PP. 20-22.
5. Сотник, С. В. та інші. (2023). Аналіз систем автоматизації визначення умов у житлових та робочих приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих рішень. Автоматизація, електроніка та робототехніка (AERT-2023), PP. 32-35.
6. Зарубін, І.С. та інші. (2024). Ефективність використання роботизованих систем у виробництві. Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2024: матеріали І-ї Всеукраїнської конференції, Харків, 16-17 травня 2024 (CITAR-2024), PP. 150-153.
7. Deineko, Zh., et al. (2022). Confidentiality of Information when Using QR-Coding. International Journal of Academic Information Systems Research (IJASIR), Vol. 6, Issue 9, PP. 10-15.
8. Deineko, Zh., et al. (2022). Dynamic and Static QR Coding. International Journal of Academic Engineering Research (IJAER), Vol. 6, Issue 11, PP. 1-6.
9. Deineko, Zh., et al. (2022). Usage and Application Prospects QR Codes. International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS), Vol. 6, Issue 7, PP. 40-48.
10. Sotnik, S., et al. (2023). QR codes in production. Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: roceedings st International Conference, Kharkiv, October 19-20, 2023, PP. 19-21.

DEVELOPMENT OF THE RUKHIV VIVALENNA SYSTEM AT NEARBY ENTERPRISES

Vladyslav Tokar

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

tel. +38(066) 721-66-71, e-mail: vladyslav.tokar@nure.ua.

Annotation: This research paper explores the development and analysis of a motion detection system in enterprise premises. The advantages, including precise personnel tracking and energy optimization, are discussed, alongside the system's drawbacks such as high costs and privacy concerns. A comparative analysis with alternative methods and a risk assessment are presented, ultimately emphasizing the system's potential as a robust solution for enhancing security and efficiency in enterprise environments. The expanded research provides a comprehensive understanding of the motion detection system, its development process, benefits, drawbacks, and comparison with alternative methods. It concludes with an analysis of potential risks and a summary of the system's potential as a powerful tool for ensuring safety and efficiency in enterprise premises.

In the global context of rapid technological development, the development of motion detection systems in the premises of enterprises is becoming an important aspect of ensuring security and optimizing energy consumption. Aimed at highlighting the key aspects of this issue, this research paper covers the process of system development, the basic principles of its operation, and a comparison with the use of alternative motion detection methods. It is important to note that the implementation of a motion detection system in the premises of an enterprise can have a significant impact on its productivity and efficiency. This may include reducing energy costs, improving security, and increasing employee comfort.

Modern requirements for security and optimization of enterprise resources cannot be imagined without the use of advanced technologies. The development of an indoor motion detection system is the answer to these requirements. When it comes to innovation, it is important to consider not only hardware but also software components, as they interact to achieve the best results. A motion detection system can use different technologies, such as infrared sensors, radio frequency identification (RFID), or video surveillance. It is important to choose the technology that is best suited for a particular enterprise [1-4].

One of the key advantages of a motion detection system is its ability to detect motion in real time. This means that the system can immediately respond to motion, including turning on or off lighting or air conditioning systems. Motion detection has a number of significant advantages. First, it allows you to accurately determine the number and location of people in the room, providing access control. Recognition of authorized and unauthorized persons helps to identify employees and visitors, as well as to detect potential intruders [5-8].

A motion detection system can significantly reduce energy costs by automatically turning on or off lighting and air conditioning systems depending on detected motion. One of the key advantages of the system is its ability to interact with the enterprise infrastructure. Turning on and off lighting and air conditioning depending on motion detection reduces energy costs and maintains an optimal microclimate.

One of the main disadvantages of a motion detection system is its high cost. However, given the potential energy savings, this cost may be justified. In addition, possible privacy concerns can be addressed through appropriate policies and procedures. One of the main disadvantages of a motion detection system is its high cost. However, given the potential energy savings, this cost may be justified. In addition, possible privacy concerns can be addressed with appropriate policies and procedures. For example, motion data can be anonymized or encrypted to prevent misuse [9-10]. Other methods of motion detection exist, such as the use of pyrometers or radar. However, these methods may be less accurate or more expensive compared to a motion detection system. In addition, they may not have the same flexibility or ability to integrate with other enterprise systems.

When implementing a motion detection system, it is important to consider potential risks, such as privacy violations or incorrect motion detection. However, based on the findings of this paper, we can conclude that motion detection is a powerful tool for ensuring the safety and efficiency of enterprise

premises. It is also important to note that a motion detection system can be used not only to ensure security, but also to increase the productivity and efficiency of an enterprise [11-12].

CONCLUSIONS. The research findings emphasize the importance of integrating monitoring and data analysis technologies to ensure security on the territories of enterprises. The use of motion detection systems allows for the timely detection of possible threats, providing a prompt response to potential violations. The introduction of such systems increases the level of automation of security processes and reduces the risk of unauthorized intrusions, which is an important step towards creating modern cyber-physical production environments.

References:

1. An introduction to using RFID technology in your library [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: An introduction to using RFID technology in your library | RFID card, Proximity Card of Huayuan RFID, The RFID manufacturer (rfidhy.com).
2. Датчики руху: принцип роботи та можливості [Електронний ресурс]. -Датчики руху: принцип роботи, переваги, параметри (svetum.com.ua)
3. Yuri Diogenes, Erdal Ozkaya (2020). Cybersecurity – Attack and Defense Strategies. Видавництво Packt Publishing Ltd.
4. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Starodubcev, N., & Klymenko, O. (2023, September). Monitoring System Development for Equipment Upgrade for IIoT. In *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)* (pp. 1-5). IEEE.
5. Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Starodubcev, N. (2023). An Automatic Assembly SMT Production Line Operation Technological Process Simulation Model Development. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 2(2), 1-9.
6. Automated Monitoring and Visualization System in Production / Lyashenko V., Abu-Jassar A. T., Yevsieiev V., Maksymova S. // Int. Res. J. Multidiscip. Technovation, 5(6), 09-18.
7. Yevsieiev V. Comparative analysis of the advantages and disadvantages of collaborative robot control methods within Industry 5.0 / V. Yevsieiev, D. Gurin // Progressive science and achievements : proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference, Doha, Qatar, September, 26-28, 2023 / comp. by LLC SPC "InterConf". - Doha : Katara, 2023. - Scientific Collection «InterConf». - № (172), - P. 211-214.
8. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Khosravi, M. R. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 9140156.
9. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic user authentication key for access to HMI/SCADA via unsecured internet networks. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 5866922.
10. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Remote Monitoring System of Patient Status in Social IoT Environments Using Amazon Web Services (AWS) Technologies and Smart Health Care. *International Journal of Crowd Science*.
11. Web site reliability analysis using the python parsing method / D. Gurin, S. Maksymova, V. Yevsieiev, Ahmad Alkhalaileh // Journal of Universal Science Research. – 2024. – Vol. 2(5). – P. 113-126.
12. Methods for parameters controlling and regulating the industrial premises microclimate / I. Holod, V. Yevsieiev, S. Maksymova, Ahmad Alkhalaileh // Technical science research in Uzbekistan. - 2024. – Vol. 2(6). – P. 46-57.

ANALYSIS OF FEATURES IN THE DESIGN OF SMALL-DIMENSIONED ROBOTS

Svetlana Starikova , Ilyia Karpenko

Kharkiv Gymnasium No. 178 "Education" of the Kharkiv City Administration

Ukraine, 61166, Kharkiv, Monyushka street, 1

E-mail: sch178@kharkivosvita.net

Annotation: Analysis of features in the design of small-sized robots reveals key aspects related to their mobility, energy efficiency and flexibility. The design of such robots requires weight and size optimization, which allows them to be used in narrow spaces and difficult conditions. This opens up new opportunities for the use of small-sized robots in specialized industries where high maneuverability and precision are required.

Key words: Industry 4.0, small robots, feature analysis, design.

The analysis of features in the design of small-sized robots is an important aspect of modern robotics, which opens up new opportunities for their use in various fields of industry, medicine and research. Small-sized robots have advantages in mobility, maneuverability and flexibility, which allows them to be used in narrow spaces and hard-to-reach places. They are often used for tasks that require high precision, such as inspection, repair or data collection in difficult environments. The design of small-sized robots implies a reduction in weight and size, which necessitates the use of more compact components and energy-efficient solutions. It is also important to consider the balance between performance and autonomy, which affects the choice of energy sources and control systems. Unlike classic robots, which are focused on performing large tasks in large-scale industrial processes, small-sized robots have a smaller lifting capacity, but at the same time provide greater flexibility and adaptability. Table 1 shows a comparison of the main features in the design of small-sized and classical robots.

Table 1 – Comparison of the main features in the design of small-sized and classic robots

Parameter	Small works	Classical works
Size and weight	Compact, light	Big, heavy
Maneuverability	High	limited
Carrying capacity	low	High
Energy efficiency	Priority	Not always a priority
Field of application	Narrow spaces, research	Large-scale production
Energy source	Compact, autonomous	Powerful, stationary
Flexibility in setting	High	Average

Analysis of the comparison table of compact and classic robots reveals several key differences in their design features. Small-sized robots have a significant advantage in their mobility and maneuverability, which allows them to be used in difficult conditions and limited spaces. At the same time, their lower load capacity and limited energy resources can reduce efficiency in performing heavy industrial tasks, which is an advantage of classic robots. Classic robots, with their high productivity and ability to work in large-scale processes, are better suited for large production lines, but are inferior to small-sized robots in flexibility and adaptability. Small-scale robots require energy-efficient solutions due to limited power options, while classic robots can rely on more powerful, stationary power sources. In general, each type of robot has its strengths and weaknesses, which determines their optimal application depending on the specific requirements of the task.

CONCLUSIONS. The conclusions of the analysis of features in the design of small-sized robots indicate the importance of optimizing size and weight to ensure mobility and maneuverability in narrow spaces. The design of such robots requires the use of energy-efficient solutions and the use of compact components, which allows to increase their autonomy and reduce energy consumption. Although small-sized robots are inferior to classic robots in terms of carrying capacity, their flexibility and adaptability make them indispensable in tasks that require work in limited space or difficult conditions. In addition, an

important aspect is finding a balance between performance and compactness to ensure efficient performance of tasks with minimal dimensions. Design solutions for small-sized robots must take into account the specifics of tasks where classic robots cannot provide the required level of mobility or precision. Thus, small-sized robots find their place in specialized industries, where their compactness and flexibility are key advantages.

References:

1. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
2. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2023). Comparative analysis of the advantages and disadvantages of collaborative robot control methods within Industry 5.0.
3. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 3046116.
4. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*.
5. Maksymova, S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I., & Uluhan, N. (2024). CONSTRUCTING AN OPTIMAL ROUTE FOR A MOBILE ROBOT USING A WAVE ALGORITHM. *Journal of Natural Sciences and Technologies*, 3(1), 282-289.
6. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2023, September). Mobile Robot Navigation System Based on Ultrasonic Sensors. In *2023 IEEE XXVIII International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED)* (Vol. 1, pp. 247-251). IEEE.
7. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Chala, O. (2023). *A Small-Sized Robot Prototype Development Using 3D Printing* (Doctoral dissertation, FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING BIALYSTOK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY).
8. Yevsieiev, V., Starodubcev, N., Maksymova, S., & Stetsenko, K. (2023). A Small-Scale Manipulation Robot a Laboratory Layout Development.
9. Gurin, D., Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., & Maksymova, S. (2024). Using the Kalman Filter to Represent Probabilistic Models for Determining the Location of a Person in Collaborative Robot Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 66-75.
10. Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalailah, A. (2024). MobileNetv2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 5-12.
11. Maksymova, S., Abu-Jassar, A., Gurin, D., & Yevsieiev, V. (2024). Comparative Analysis of methods for Predicting the Trajectory of Object Movement in a Collaborative Robot-Manipulator Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(10), 38-48.
12. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
13. Yevsieiev, V., & Uskov, S. (2024, July). SECTION: AUTOMATION AND ROBOTICS DEVELOPMENT OF THE LAYOUT CONCEPT OF A SMALL-DIMENSIONED MOBILE ROBOT WITH INCREASED ACCESSIBILITY. In *XXXI International scientific and practical conference «Scientific Research in the Conditions of Rapid Development of Information Technologies»(July 17-19, 2024) Helsinki, Finland. International Scientific Unity, 2024. 201 p. ISBN 978-617-8427-23-8* (p. 33).

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА ВИРОБНИЦТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Ігор Голод

Харківський національний університет радіоелектроніки,

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: igor.holod@nure.ua

Анотація: У статті розглядаються математичні моделі управління мікрокліматом на виробництві з використанням кіберфізичних систем (КФС). Забезпечення оптимальних умов мікроклімату є критично важливим для підвищення ефективності виробничих процесів, зменшення енергоспоживання та покращення безпеки працівників. Впровадження моделей у КФС дозволяє інтелектуально управляти мікрокліматом, що підвищує енергоефективність і стабільність технологічних процесів.

Ключові слова: мікроклімат, кіберфізичні системи, математичні моделі, інтелектуальне управління.

Оптимізація мікроклімату у виробничих приміщеннях є складним завданням, що вимагає досягнення необхідних параметрів температури, вологості та інших факторів при мінімізації енергоспоживання. Оптимальні умови сприяють ефективності виробництва та здоров'ю працівників. Зниження енергоспоживання та викидів парникових газів стимулює розробку нових методів управління мікрокліматом, де КФС відіграють ключову роль, інтегруючи фізичні та комп'ютерні моделі.

Математичні моделі комп'ютерного моделювання мікроклімату дозволяють точно прогнозувати процеси з мінімальними обчислювальними витратами, підтримуючи стабільний контроль та ефективність виробництва.

Класичні диференціальні рівняння теплового балансу будівлі. Ці рівняння використовуються для моделювання теплових процесів у виробничих приміщеннях. Основне рівняння теплового балансу можна записати як:

$$C \frac{dT}{dt} = Q_{in} - Q_{out} + Q_{gen}$$

де: C – теплоємність приміщення;

T – температура;

Q_{in} – теплова енергія, що надходить у систему (включаючи обігрів);

Q_{out} – втрати тепла;

Q_{gen} – теплова енергія, що генерується обладнанням або процесами.

PMV (Predicted Mean Vote) модель. Ця модель передбачає суб'єктивне сприйняття температури людьми і використовується для оцінки комфортності умов у приміщенні. Формула PMV виглядає так:

$$PMV = [0.303e^{-0.036M} + 0.028] \cdot (M - W - 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot (5733 - 6.99 \cdot (M - W) - Pa))$$

Де: M – метаболічна теплота ($\text{Вт}/\text{м}^2$);

W – зовнішня робота ($\text{Вт}/\text{м}^2$);

Pa – тиск водяної пари (Па).

PID управління. Пропорційно-інтегрально-диференціальне (PID) управління є класичним методом регулювання мікроклімату. Регулятор PID використовує три компоненти:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

де: $e(t)$ – помилка між бажаним і поточним значенням температури або вологості;

K_p – коефіцієнт пропорційного компонента;

K_i – коефіцієнт інтегрального компонента;

K_d – коефіцієнт диференціального компонента.

Управління на основі нечіткої логіки. Нечітка логіка дозволяє управляти мікрокліматом у виробничих приміщеннях за умов невизначеності, коли неможливо точно виміряти або передбачити деякі параметри. Вона використовує "якщо-то" правила для прийняття рішень і дозволяє працювати з нечіткими величинами, такими як "висока температура" або "середня вологість". Основне рівняння для нечіткої логіки виглядає так:

$$u(t) = FuzzyLogic(e(t))$$

Управління на основі нейронних мереж. Нейронні мережі здатні моделювати складні нелінійні процеси, які важко описати математично. У системах управління мікрокліматом вони можуть навчатися на основі історичних даних і передбачати, як змінюватимуться параметри мікроклімату залежно від впливу різних факторів. Основне рівняння нейронної мережі виглядає так:

$$y = \sigma \left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b \right)$$

Де: y – вихід нейронної мережі;

w_i – вагові коефіцієнти;

x_i – вхідні сигнали;

b – зміщення;

σ – активаційна функція [1].

Нейро-нечіткі системи. Нейро-нечіткі системи комбінують переваги нейронних мереж і нечіткої логіки. Вони здатні навчатися на основі реальних даних і адаптуватися до змін, використовуючи нечіткі правила для прийняття рішень. Це дозволяє побудувати систему, яка може ефективно управляти мікрокліматом, навіть якщо деякі параметри змінюються з часом. У контексті КФС нейро-нечіткі системи можуть бути особливо корисні для управління мікрокліматом на виробництві з високою динамікою змін, де потрібні швидкі адаптації до змін умов [2].

Традиційні методи, такі як класичні диференціальні рівняння, залишаються популярними через їх простоту, але потребують значних енергетичних витрат і не є достатньо гнучкими для сучасного виробництва. Сучасні інтелектуальні методи, зокрема нечітка логіка та нейронні мережі, можуть оптимізувати енергоспоживання до 30% та підвищити стабільність технологічних процесів. Поєднання інтелектуальних методів управління з КФС забезпечує комплексну оптимізацію виробничих процесів, знижуючи енергетичні витрати і підтримуючи стабільні параметри мікроклімату, що є важливим для якості продукції та ефективності технологічних процесів.

ВИСНОВКИ. Інтеграція кіберфізичних систем (КФС) із сучасними математичними моделями управління, такими як диференціальні рівняння, методи на основі нечіткої логіки та нейронних мереж, сприяє розвитку інтелектуальних рішень для контролю мікроклімату. Це дозволяє знижувати енергетичні витрати, підвищувати стабільність технологічних процесів та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Список використаних джерел:

1. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Baker, J. H., Ahmad, M. A., & Lyashenko, V. (2020). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.
2. Baker, J. H., Laariedh, F., Ahmad, M. A., Lyashenko, V., Sotnik, S., & Mustafa, S. K. (2021). Some interesting features of semantic model in Robotic Science. *SSRG International Journal of Engineering Trends and Technology*, 69(7), 38-44.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ АІ ТА 3D-ТЕХНОЛОГІЙ У РІЗНІ ГАЛУЗІ НАВЧАННЯ

Склярів М. В., Тарасенко К. А., Цимбал О. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: maksym.skliarov@nure.ua, kiril.tarasenko@nure.ua, oleksandr.tsymbal@nure.ua

Анотація: У роботі виконано аналіз можливостей впровадження АІ та 3D-технологій у різні галузі навчання. Розглянуто переваги та приклади інтеграції АІ та 3D-технологій в освітній процес.

Ключові слова: АІ, 3D, моделювання, аналіз, навчання, віртуальна лабораторія.

Оскільки, у світі набирає оберти розвиток штучного інтелекту (АІ) та 3D-технологій, то є доречним розгляд впровадження цих технологій в український цифровий освітній процес, адже такі інструменти вже стали вживаними в багатьох зарубіжних університетах та навчальних платформах. Швидкий розвиток цих технологій дозволяє використовувати інноваційні підходи в навчанні, підвищуючи його якість, ефективність і доступність.

Дана робота зосереджена на аналізі прикладів та можливостей застосування АІ та 3D-технологій у навчальних лабораторних роботах, а також на перспективах створення адаптивного навчального середовища у віртуальній реальності.

Основні завдання, які ставляться в межах роботи:

- провести огляд літератури щодо сучасного стану використання АІ та 3D-технологій у навчальних процесах;
- дослідити методи збору й обробки даних за допомогою АІ для вдосконалення лабораторних занять;
- визначити можливості використання віртуального простору для проведення лабораторних робіт;
- з'ясувати вплив адаптивних технологій на ефективність навчання і набутий практичний досвід у використанні сучасних навчальних середовищ.

Застосування АІ в навчальних лабораторіях дозволяє автоматично збирати, аналізувати та інтерпретувати дані, отримані під час роботи студентів. Це допомагає викладачам зрозуміти рівень підготовки кожного студента, виявити загальні помилки, а також оцінити, наскільки добре студенти засвоїли матеріал. За допомогою АІ можна відстежувати виконання завдань, коригувати навчальні підходи та забезпечувати індивідуальну підтримку студентам. Також викладачі можуть призначати віртуальні лабораторні роботи для подолання початкових труднощів засвоєння складних концепцій та розвитку основних навичок у студентів.



Рисунок 1 – Лабораторна робота на платформі Labster

Студенти Labster [1] можуть проходити лабораторні дослідження (рис. 1) у своєму власному темпі, отримувати миттєвий зворотний зв'язок за допомогою AI, який відповідає їх роботі, та повторювати лабораторні дослідження стільки разів, скільки їм потрібно для освоєння матеріалу, що у свою чергу підвищує залученість до навчання та сприяє покращенню загального результату.

3D-моделювання та віртуальна реальність (VR) дозволяють створити інтерактивні віртуальні лабораторії, де студенти можуть працювати з реалістичними моделями об'єктів, відточувати навички та експериментувати без ризику помилок. У таких лабораторіях можна проводити комплексні дослідження, які було б проблематично реалізувати у реальному світі через високі витрати чи відсутність необхідного обладнання.

Розглядаючи реальні проекти із застосуванням 3D-технологій, можна відзначити навчальну платформу VRLab Academy [2] та стверджувати, що такий підхід користується популярністю. На рисунку 2 можна побачити практичні віртуальні стенди для різних галузей науки, що демонструє великі можливості 3D-моделювання та комп'ютерних технологій для навчання.

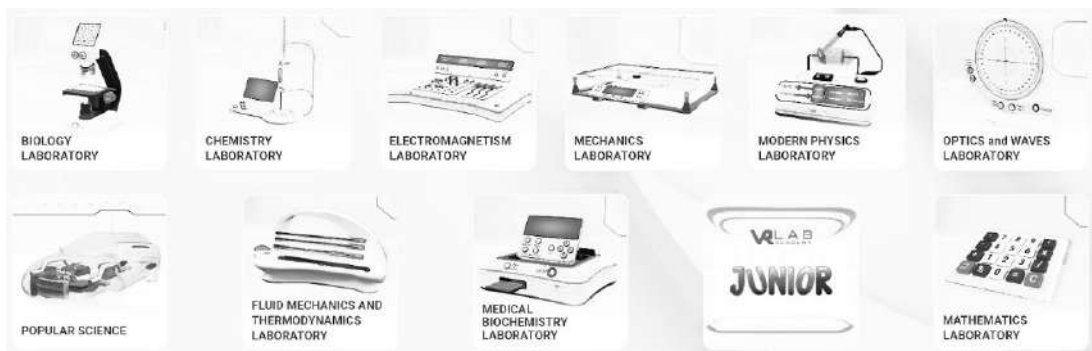


Рисунок 2 – Лабораторні стенди віртуального простору

Комплекс з AI та 3D-технологій може допомогти створити адаптивне навчальне середовище, яке реагує на прогрес кожного студента та пропонує індивідуалізований підхід до навчання. Таке завдання розглядає, наприклад, університет Карнегі-Меллон [3], а віртуальні лабораторії, де студенти можуть працювати з тривимірними моделями та вивчати складні поняття, відкривають нові перспективи для навчання і дають змогу отримувати практичний досвід, що, своєю чергою, зменшує витрати на обладнання й підвищує доступність навчання для широкого кола студентів. Використання адаптивних технологій забезпечує студентів можливістю застосовувати знання в реалістичних ситуаціях завдяки симуляціям, інтерактивним стендам та сценаріям, які відображають реальні проблеми. Це допомагає сформувати практичні навички, необхідні для професійного життя.

ВИСНОВКИ. Отже, віртуальні лабораторії, реалізовані завдяки AI та 3D технологіям, можуть бути впроваджені у загальний навчальний процес, що допоможе підвищити ефективність та доступність навчання, забезпечують індивідуальний підхід і дозволить студентам безпечно навчатися в різних умовах. Подальше дослідження цієї теми може призвести до створення універсальних освітніх платформ, що поєднують AI та 3D з іншими новітніми технологіями для поглибленого інтерактивного навчання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Labster [Електронний ресурс]: Inspire Students with Immersive Learning 2024. – Режим доступу: <https://www.labster.com/>
2. VRLab Academy [Електронний ресурс]: Innovative Science Education Through Online Laboratory Experiments 2024. – Режим доступу: <https://www.vrlabacademy.com/>
3. Carnegie Mellon University [Електронний ресурс]: About AI at CMU 2024. – Режим доступу: <https://ai.cmu.edu/>

BLOCK DIAGRAM OF A ROBOTIC ASSISTANT FOR PEOPLE WITH DISABILITIES AND JUSTIFICATION OF THE SELECTED COMPONENTS

Stetsenko Kateryna

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: kateryna.stetsenko2@nure.ua

Annotation: The article discusses the structure and components of a robotic assistant designed to support people with disabilities. The main attention is paid to the choice of a Raspberry Pi 5 microcomputer, as well as a camera, microphone and speakers that provide interactive interaction between users and the system. The rationale for choosing each of the components and their alternatives is given separately.

Key words: robotics, microcomputers, visual perception, sound recording, interfaces for people with disabilities.

INTRODUCTION: Modern technology is opening up new opportunities for people with disabilities, allowing them to improve their quality of life and ensure greater autonomy. Robotic assistants that use intelligent technologies are becoming increasingly popular in this area. In this article, we will look at the block diagram of such an assistant, which consists of the main components: a Raspberry Pi 5 microcomputer, a camera, a microphone, and speakers. Each of these elements performs important functions that ensure effective user interaction with the system.

COMPONENT SELECTION: The Raspberry Pi 5 is a powerful, compact computer that provides high performance and the ability to connect to a variety of peripherals. Its use allows for real-time data processing, image and audio processing, and control of other system components. Due to its characteristics, the Raspberry Pi 5 is the ideal choice for creating a Table 1 robotic assistant.

Table 1 - Comparison of microcomputers

Model	Processor	RAM	Price (UAH)
Raspberry Pi 5 8GB	ARM Cortex-A76 2.4 ГГц	8 ГБ LPDDR4X-4267	5 396
BeagleBone Black	ARM Cortex-A8 1.0 ГГц	512 МБ DDR3	4 627
NVIDIA Jetson Nano	ARM Cortex-A57 1.43 ГГц	4 ГБ LPDDR4	11 063

The Raspberry Pi 5 has an ARM Cortex-A76 clocked at 2.4 GHz, which provides high performance for real-time data processing. The BeagleBone Black with ARM Cortex-A8 (1.0 GHz) lags far behind in performance. The NVIDIA Jetson Nano, although it has a more powerful ARM Cortex-A57, cannot match the Raspberry Pi 5 in terms of frequency.

The Raspberry Pi 5 is equipped with 8 GB of LPDDR4X-4267, which allows you to perform several tasks simultaneously without significant delays. The BeagleBone Black with 512 MB of DDR3 is limited in terms of multitasking. The NVIDIA Jetson Nano has only 4 GB of LPDDR4, which also limits its ability to handle complex tasks.

The Raspberry Pi 5 is an ideal choice for building a robotic assistant due to its powerful architecture, high RAM, and competitive price. This microcomputer offers flexibility in programming as well as the ability to connect to a wide range of peripherals, making it ideal for developing interactive systems aimed at supporting people with disabilities.

The use of a camera allows the robotic assistant to perform visual monitoring, face and object recognition. This is especially useful for people with disabilities, as it can help them navigate and identify their environment.

The Raspberry Pi Camera Module 3 uses a Sony IMX708 sensor, which provides high sensitivity and image quality, especially in low light conditions. The Logitech C920 HD Pro is equipped with a Carl

Zeiss sensor known for its accuracy and high image quality, but the price and functionality may not justify the choice for specific tasks.

The Raspberry Pi Camera Module 3 has a resolution of 12 MP, which is sufficient for many applications, including face and object recognition. The Logitech C920 HD Pro has a higher resolution of 15 MP, which can be useful for some scenarios, but is not critical for most robotic assistant tasks.

The Raspberry Pi Camera Module 3 has a 75° field of view, which is good for focusing on specific objects. Logitech's C920 HD Pro, with a 78° angle of view, offers a slightly wider field of view, which can be useful for covering a larger area.

The Romazan microphone provides clear audio capture, allowing the assistant to interact with users by voice. This is critical for assisting people with disabilities who may have difficulty using conventional interfaces.

Both microphones are condenser microphones, which provide high quality sound capture. This makes them suitable for use in voice interfaces.

The Romazan has a frequency range of 20 Hz to 20 kHz, which covers the entire human hearing range and allows you to capture both low and high pitched sounds. The Blue Snowball has a slightly narrower range of 40 Hz to 18 kHz, which may limit the capture of some low frequencies. This can be important if you need to play sounds that are at the lower end of the range.

The Romazan has a sensitivity of -42 dB, which indicates the ability to capture sounds clearly in noisy environments. The Blue Snowball with -38 dB sensitivity has a slightly higher sensitivity, which can provide better sound capture in quiet environments.

Considering the specifications, Romazan is the best choice for a robotic assistant because its frequency range covers the entire auditory spectrum and it offers an economical price. Despite slightly lower sensitivity compared to Blue Snowball, Romazan can provide adequate sound quality for voice interactions.

The Defender SPK 170 speakers provide high-quality sound for audio playback, voice commands, or notifications, making interaction with the assistant more convenient and intuitive.

The Defender SPK 170 are two-channel (2.0) speakers that provide stereo sound suitable for simple applications. Logitech Z313 are three-channel (2.1) speakers that include a subwoofer. This allows for deeper bass and improves overall sound quality.

The Defender SPK 170 has 3W of power, which is sufficient for small rooms, but may not be enough to reproduce loud sound in larger spaces. The Logitech Z313 with 25W of power can deliver much more powerful and surround sound, making it a better option for larger rooms or active use.

The Defender SPK 170 has a frequency range of 100 Hz to 20 kHz, which is sufficient for most voice commands and simple music playback. The Logitech Z313 covers a frequency range of 50 Hz to 20 kHz, allowing it to reproduce low frequencies that can enhance the sound when listening to music or sound effects.

The Defender SPK 170 is a great option for those looking for a cost-effective solution for simple sound reproduction. However, if the project involves more interaction with audio, the Logitech Z313 may be a better choice due to its higher power, bass reproduction capability, and overall sound quality.

CONCLUSIONS. Developing a robotic assistant for people with disabilities is an important step towards improving their quality of life. The selected components, such as the Raspberry Pi 5, camera, microphone, and speakers, ensure effective interaction and adaptation of the system to the needs of users. The use of modern technology opens up new horizons for improving communication and interaction with the environment, contributing to the independence and comfort of people with disabilities.

References:

1. Babenko, O. O. (2020). Risk management in business. Kyiv: Book Publishing House.
2. Ivanova, T. P. (2018). Marketing in the digital era. Lviv: Akademia Publishing House.
3. Sydorenko, V. M. (2019). Financial accounting: theory and practice. Kharkiv: Economist Publishing House.
4. Petrov, S. V. (2021). Analysis of financial risks. Kyiv: Universytet Publishing House.

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ У СФЕРІ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ

Д. А. Янушкевич, І. О. Толкунов, Л. С. Іванов

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

e-mail: dmytro.ianushkevych@nure.ua

Анотація: ДУ доповіді розглядаються актуальні питання моделювання інтелектуальних систем управління робототехнічними комплексами, які застосовуються у сфері гуманітарного розмінування.

Ключові слова: моделювання, гуманітарне розмінування, робототехнічні комплекси, системи управління.

У вересні 2015 року 193 члени Організації Об'єднаних Націй ухвалили план досягнення спільного кращого майбутнього та було затверджено 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР). Однією із ЦСР є скорочення поширеності всіх форм насильства та зменшення показників смертності від цього явища в усьому світі.

Унаслідок російського вторгнення Україна стала однією з найбільш замінованих країн світу. За оцінками ООН, було встановлено, наприклад, що за роки війни, близько 30 % території України (приблизно 270 000 кв. км.) забруднено вибухонебезпечними предметами (міни, снаряди, авіабомби тощо), що не розірвалися. На розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами (ВНП) піде до 100 років.

Гуманітарне розмінування у першу чергу спрямоване на зменшення шкідливого фактору дії ВНП на життєдіяльність людей. Мета гуманітарного розмінування полягає в тому, щоб знизити мінну небезпеку до рівня, при якому люди можуть жити безпечно; при якому економічний, соціальний і фізіологічний розвиток може здійснюватися безперешкодно, не наражаючись впливу обмежень, що викликаються впливом наземних мін [1, 2].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Експертами з розробки та виробництва мобільних робототехнічних комплексів (РТК) дається визначення «інтелектуального робота», як такого, що має так звану модель зовнішнього світу чи внутрішнього середовища, яка дозволяє роботу діяти у невизначеному інформаційному середовищі. Таким чином, інтелектуальний РТК - це робот, що включає інтелектуальну систему управління (ІСУ).

ІСУ означає комп'ютерну систему для вирішення завдань, які людина не може вирішити в режимі реального часу, або їхнє рішення вимагає автоматизованої підтримки або дає результати, які можна порівняти з рішеннями людини. При цьому, серед іншого, мається на увазі, що для розв'язування завдань ІСУ не передбачає повноти знань, а сама ІСУ повинна мати можливість упорядковувати дані та експертизу з виділенням суттєвих параметрів, пристосовуватися до змін набору фактів і знань тощо.

Основною вимогою залишається те, що роль людини при взаємодії з ІСУ повинна зводитися лише до постановки завдання. Інтелектуальні системи є необхідним компонентом для вирішення завдань створення моделі світу, системи планування дій та керування цілями. База знань в інтелектуальних системах є однією з основних частин моделі та її трансформаційних функцій.

Все це дає підстави стверджувати, що:

- зараз найбільш поширені РТК першого покоління (керовані пристрої);
- швидко удосконалюються системи другого покоління (напівавтономні пристрої);
- для переходу до використання РТК третього покоління (автономних пристроїв) необхідно розробити ІСУ на базі технологій штучного інтелекту;
- математичні, кількісні методи є найбільш поширеними щодо побудови ІСУ.

Але можливості застосування для побудови СПР кількісних методів часто обмежені. У таких методах робиться неявне припущення, що людина одноразово вимірює деякий кількісний

параметр. Отримане значення є єдиним, що відображає перевагу особи, що приймає рішення (ОПР). Модель, яка представлена на рис. 1 визначає концептуальну модель ІСУ РТК у сфері гуманітарного розмінування на основі вербальних методів.

Використання вербальних методів для побудови систем прийняття рішень (СПР), є основою ІСУ [2]. На основі вербальної інформації, одержуваної від експертів в термінах їх предметної області, та методу, що належить до вербального аналізу рішень, будується так зване «вирішальне правило». Вирішальне правило у вигляді таблиці містить вербальний (критеріальний) опис всіх можливих ситуацій, що можуть виникнути, які розподілені по класах. Клас – це рішення, яке приймається у ситуації, що склалась. Вирішальне правило будується на основі логічних, якісних перетворень вербальних змінних за дотриманням психологічної та математичної коректності цих перетворень.

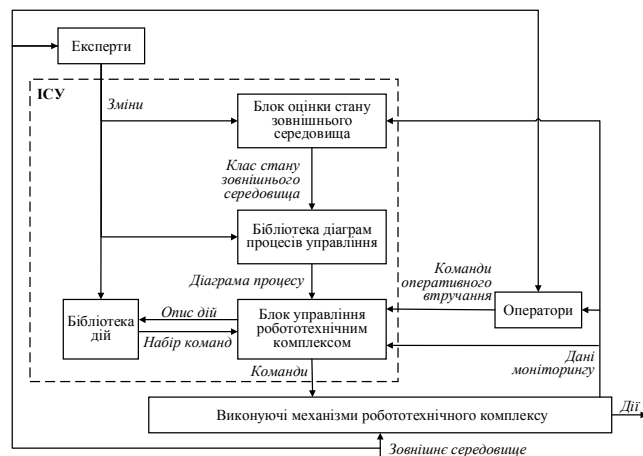


Рисунок 1 – Модель ІСУ РТК гуманітарного розмінування

Модель ІСУ РТК на основі вербальних методів включає такі елементи:

- блок оцінки стану зовнішнього середовища;
- бібліотека діаграм процесів управління;
- блок керування робототехнічним комплексом;
- бібліотека дій;
- оператори, які керують РТК.

ВИСНОВКИ. На основі методів вербального аналізу рішень розроблена концептуальна модель ІСУ РТК у сфері гуманітарного розмінування. Модель ІСУ дозволяє обрати СПР як на рівні прийняття рішень та на виконавчому рівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nevliudov, I., Yanushkevych, D., Ivanov, L. Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian demining. / I. Nevliudov, D. Yanushkevych, L. Ivanov // Technology Audit and Production Reserves, 6/2 (62). – 2021. – P. 47-52.
2. O Hutsa, D Yanushkevych, D Yelchaninov, I Tolkunov, L Ivanov, R Petrova, A Morozova (2024) Conceptualization of intelligent control systems conceptual model for humanitarian demining robotic complexes based on verbal methods. Science and Innovation Vol. 20 №. 3 (2024), 82-95.

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ QUALITY 5.0 НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЇ INDUSTRY 5.0

Д. А. Янушкевич, Л. С. Іванов

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

e-mail: dmytro.ianushkevych@nure.ua

Анотація: У доповіді розглядаються сучасні аспекти застосування систем управління якістю Quality 5.0. Проблеми впровадження Quality 5.0 передбачають: створення нових цінностей для розвитку галузі в майбутньому та соціальної трансформації, реорганізація економічних і соціальних викликів, більша підтримка науки, технології та інновації), встановлення системних циклів людських ресурсів, знань і потенціалу для інновацій.

Ключові слова: система управління якістю, концепція, автоматизація, управління виробництвом, впровадження.

У 2015 році всі ООН ухвалила план досягнення спільного кращого майбутнього та було затверджено 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР). Однією із ЦСР є забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва. Сучасний світ перебуває в процесі швидких змін у всіх сферах життя. У всіх з них існують проблеми, які потребують термінового вирішення. Перехід до концепції четвертої промислової революції Industry 4.0 змінив погляд на промисловість у 21 столітті, а також дав відповіді на виклики, засновані на концепції системи управління якістю (Quality 4.0). За останні десять років розроблено концепцію японського Society 5.0, яка потребує розроблення концепції управління якістю Quality 5.0.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Тенденції 21 ст. полягають у створенні розумного суспільства. Для цього була створена концепції четвертої промислової революції (Industry 4.0) і розумна якість (Quality 4.0). Четверта промислова революція – поняття, що означає розвиток і злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину саморегульовану систему, з якнайменшим або взагалі відсутнім втручанням людини у виробничий процес [1]. Термін був визначений як поняття для технологій та концепцій організації виробництва з використанням кіберфізичних систем, Інтернету речей (IoT) тощо. Industry 4.0 – це фаза промислової революції, яка характеризується злиттям технологій, що розвиває межі між фізичною, цифровою та біологічною сферами. Industry 4.0 дає змогу збирати та аналізувати дані з різних пристроїв, забезпечуючи більш швидкі, більш ефективні та більш гнучкі процеси виробництва товарів вищої якості за зниженими цінами.

До ключових технологій Industry 4.0 відносяться: штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), роботизація та колаборизація, розумний завод (Smart Factory), безпілотні транспортні засоби, технології симуляції, які доповнені реальністю, хмарні технології, біоінженерія та нові матеріали, аналіз великих баз даних, безмежний доступ до Інтернету та розвиток інформаційних технологій, які ще недавно здавалися фантастикою, стають реальністю [1].

До основних складових концепції Quality 4.0 (рис. 1) належать: дані (data), аналітика (analytics), взаємодія (connectivity), співпраця (collaboration), розробка додатків (app development), системи управління (management systems), відповідність вимогам (compliance), культура (culture), лідерство (leadership) та компетенції (competency).

Таким чином, концепція Quality 4.0 не замінює традиційні методи управління якістю, що розвиваються в рамках систем управління якістю підприємств, а будується та вдосконалюється на їх основі. Процес удосконалення технологій Industry 4.0 відбувається в усіх технологічно розвинутих країнах світу.



Рисунок 1 – Складові концепції Quality 4.0

Тому існують проблеми інтеграції та включення людини у процес розвитку розумного суспільства Society 5.0, а також проблеми стійкості системи Industry 5.0, якості життя людей тощо. Це дало виклики для розробки концепції якості Quality 5.0. Перехід від Industry 4.0 до Industry 5.0 – це трансформація цифрового виробництва в цифрове суспільство. Виміри конвергентних технологій мають рівні [2]:

1. Значення для підприємства.
2. Цінність для фірми (підприємства).
3. Значення для галузі.
4. Цінність для суспільства.
5. Цінність для особистості.

Усі рівні містять елементи Quality 4.0 (рівні 1, 2 і 3) і Quality 5.0 (рівні 4 і 5).

Проблеми впровадження Quality 5.0 передбачають: створення нових цінностей для розвитку галузі в майбутньому та соціальної трансформації, реорганізація економічних і соціальних викликів, більша підтримка науки, технології та інновації), встановлення системних циклів людських ресурсів, знань і потенціалу для інновацій. Були визначені чотири хвилі змін для переходу від Quality 4.0 до Quality 5.0:

1. Перша хвиля (2010-2020 рр.) з повільним розвитком технологій і першим впровадженням розумних рішень.
2. Друга хвиля (2020-2030 рр.) з інноваційною стратегією розвитку, пов'язаною з RFID, телеметрією, інтеграцією тощо.
3. Третя хвиля (2030-2040 рр.) із самоскладанням, масовим 3D-друком, самостійними покупками тощо.
4. Четверта хвиля (2040-2050 рр.) з парадигмою впевненості, що підтримується передовими робототехнічними системами та штучним інтелектом, автономними транспортними засобами, повною автоматизацією виробництва тощо.

ВИСНОВКИ. Таким чином, концепція Quality 5.0 не замінює традиційні методи управління якістю (що розвиваються в рамках систем управління якістю підприємств, а швидше будується та вдосконалюється на їх основі).

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов І. Ш., Янушкевич Д. А., Л. С. Іванов. Управління якістю виробів : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / І. Ш. Невлюдов, Д. А. Янушкевич, Л. С. Іванов ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – 364 с.
2. Slavko Arosvski. (2023). Quality 5.0 from challenges to reality, *Journal of Innovations in Business and Industry*, Vol. 01, №. 01 (2023) 13-21, doi: 10.61552/JIBI.2023.01.002.
- Dan Jacob. What is Quality 4.0. – URL: <https://blog.insresearch.com/quality40>.

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДІЛЯНОК ФОНОКАРДІОГРАМ В СЕРЕДОВИЩІ LABVIEW

Дмитро Кухаренко, Денис Тимченко, Олексій Юрко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20.

E-mail: dkuch100@gmail.com

Анотація: У сучасному контексті медичної діагностики мало уваги приділяється параметрам індивідуальної анатомічної мінливості, параметрам медичної норми та патології стану серця. Тому розроблення інформаційно-аналітичного забезпечення для аналізу ділянок фонокардіограм в середовищі Labview, що забезпечують параметричну ідентифікацію методів обробки з достовірним відтворенням даних, є актуальним завданням.

Ключові слова: середовище Labview, фонокардіограма, інформаційно-аналітичне забезпечення.

Метою цього дослідження є вдосконалення методів обробки акустичних сигналів серця з використанням імітаційних моделей акустичних сигналів серця, що дасть змогу застосовувати індивідуальний підхід до лікування кожного пацієнта та виявляти серцево-судинні порушення на ранніх стадіях захворювання.

Задачі дослідження:

1. проаналізувати відомий математичний опис акустичного кардіосигналу та методи його подальшого опрацювання, щоб обрати вектор наукових досліджень;
2. відновити серцевий цикл за даними, отриманими за допомогою ехокардіографії;
3. розробити методи опису огинаючої основного звуку на ехокардіограмі серця;
4. реалізувати віртуальний прилад для виділення огинаючої основного звуку та обробки акустичного кардіосигналу з можливістю подальшої діагностики патологій серцево-судинної системи людини.



Рисунок 1 – Структура фонокардіографічної системи

Структура фонокардіографічної системи має 6 основних частин: 1. Датчик: мікрофон, що щільно прилягає до поверхні грудної клітини, він приймає та перетворює шуми серця в електричні сигнали. 2. Підсилювач: отриманий з мікрофону сигнал надходить до підсилювача, який допомагає покращити подальшу фільтрацію. 3. Фільтр: «очищає» підсилений сигнал від шумів та виділяє потрібні в подальшому складові. 4. Аналого-цифровий перетворювач: перетворює вже відфільтрований аналоговий сигнал в цифровий. 5. Модуль порівняння та прийняття рішень: за допомогою попередньо встановленої бази еталонів відбувається порівняння отриманого результату з тими, що знаходяться в базі. Відображення результату можливе на моніторі або у мобільному додатку користувача. 6. Модуль передачі даних: за допомогою бездротових технологій здійснюється передача отриманих даних на сервер, телефон лікаря або пацієнта. Збереження результату відбуватиметься на сервері [1].

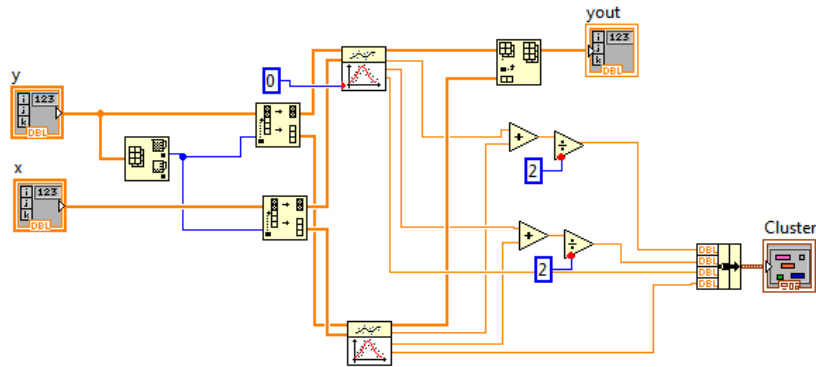


Рисунок 2 – Блок-схема віртуального приладу для опису огинаючої функцією Гауса

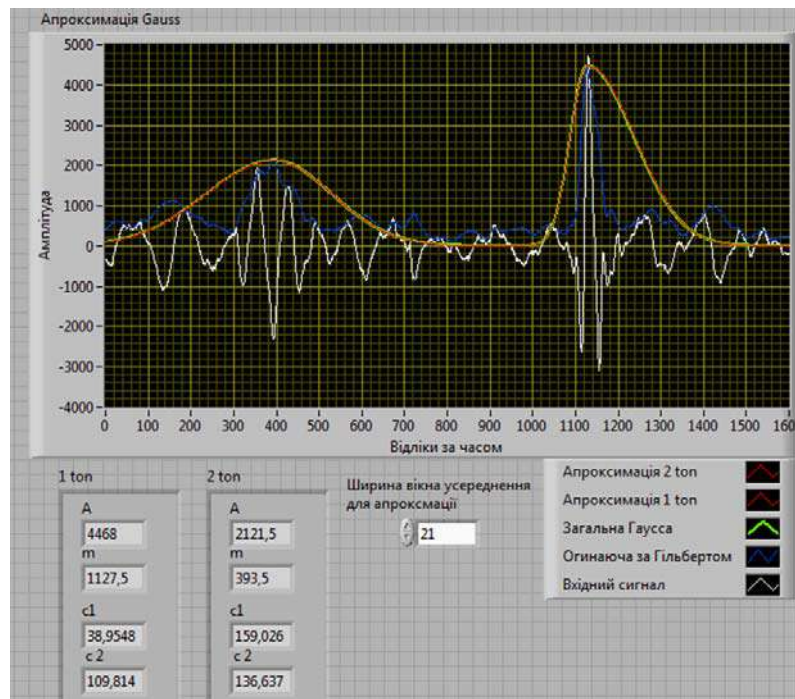


Рисунок 3 – Лицьова панель віртуального приладу

У результаті було створено віртуальний прилад для апроксимації обвідної за допомогою асиметричної гаусової функції. Аналіз отриманих коефіцієнтів дає змогу встановити відповідні середні діагностичні критерії для нормальних і патологічних станів.

ВИСНОВОК. Для подальшого використання отриманих коефіцієнтів у діагностичних цілях було вдосконалено математичну модель, що описує обвідну основного тону ЕКГ у вигляді асиметричного гаусового імпульсу.

1. для практичної медицини пропонується діагностика захворювань серця на основі визначення коефіцієнтів апроксимації огинаючої усередненої фонокардіограми серцевого циклу;

2. для визначення коефіцієнтів апроксимації асиметричними гаусовими імпульсами в середовищі Labview реалізовано віртуальний прилад для автоматичного аналізу довільних ділянок ЕКГ, що допомагає в діагностиці серцево-судинних захворювань.

References:

1. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБКИ ФОНОКАРДІОГРАФІЧНОЇ СИСТЕМИ. Електронний ресурс, режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/04/150.pdf>

ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНОК ЧАСУ В СУЧАСНИХ МЕТОДОЛОГІЯХ AGILE ДЛЯ РОЗРОБКИ ПЗ

Тітов Г.О., Шубін І.Ю., Аллахверанов Р.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: heorhii.titov@nure.ua, igor.shubin@nure.ua, rauf.allakhveranov@nure.ua

Анотація: У статті розглянуто актуальні підходи до оцінки часу в методологіях Agile для програмної розробки. Особлива увага приділена основним технікам оцінювання, серед яких Planning Poker, Story Points, та різні види оцінок, зокрема ризико-орієнтована та експертна оцінки. Представлено практичні рекомендації щодо вибору методик оцінки залежно від специфіки проекту та командних вимог.

Ключові слова: Story Points, Agile, програмна розробка.

Точні оцінки часу є критично важливими для успішного управління проектами з програмної розробки. Вони дозволяють оптимізувати розподіл ресурсів, контролювати витрати та задовольняти очікування замовників щодо строків виконання. Точність оцінок часу є основою для успішного управління проектами. Вона впливає на розподіл ресурсів, робочі процеси команди та відповідність очікуванням зацікавлених осіб [1].

Важко встановити чіткі вимоги на всьому етапі проекту, а технічні виклики та зовнішні зміни можуть значно вплинути на планування та витрати часу.

Існують як традиційні (Waterfall, V-модель), так і Agile методології (Scrum, Kanban, Lean), кожна з яких має свої плюси й мінуси у застосуванні до оцінки часу:

- Waterfall, V-модель - докладне планування, обмежена гнучкість [2].

- Scrum, Kanban, Lean - ітеративний підхід, пріоритет гнучкості й адаптивності [3].

В Agile присутні різні техніки оцінки часу: оцінка в годинах, ідеальних днях, ризико-орієнтована оцінка та Story Points (співвідносні оцінки з акцентом на ризик та складність). Техніки, як Planning Poker і Wideband Delphi, допомагають уникнути індивідуальних упереджень та сприяють командному обговоренню для досягнення консенсусу.

Agile-методології передбачають декілька підходів до оцінки часу, кожен із яких вибирається залежно від завдань проекту [4-5]:

- Експертна оцінка: ґрунтується на досвіді команди. Вона ефективна для невеликих або типових завдань, проте може бути суб'єктивною.

- Аналогова оцінка: заснована на порівнянні з подібними проектами в минулому. Цей метод корисний для схожих проектів, але обмежений, коли нові проекти значно відрізняються.

- Оцінка за Story Points: дозволяє враховувати складність та ризики завдань без прив'язки до конкретного часу, що надає команді гнучкості.

- Оцінка в годинах та ідеальних днях: підходить для добре визначених завдань, дозволяючи деталізувати план, проте може втрачати точність при складних змінах.

- Трьох точкова оцінка: включає оптимістичний, песимістичний та найвірогідніший сценарії, що дозволяє краще управляти ризиками та непередбачуваністю проекту.

ВИСНОВКИ. У динамічному середовищі розробки програмного забезпечення використання Scrum як комплексної методології Agile, разом із сторі-пойнтами як одиницями оцінки, стає потужним інструментом для досягнення успіху в проектах. Визначені ролі, церемонії та артефакти Scrum створюють прозоре та колективне середовище, що сприяє комунікації та забезпечує швидку реакцію команд на зміну вимог. Сторі-пойнти, як відносна міра зусиль, надають гнучкий і адаптивний спосіб оцінити складність завдань. Зосереджуючись на складності, ризику та невизначеності, а не на фіксованих одиницях часу, сторі-пойнти дозволяють командам робити більш обґрунтовані оцінки. Таке відносне оцінювання сприяє легшому визначенню пріоритетів і плануванню, що робить часові рамки проекту більш реалістичними та стійкими. Поєднання Scrum, сторі-пойнтів та Planning Poker створює цілісний підхід до управління проектами. Команди

отримують можливість ефективно реагувати на зміни, адаптуватися до нових вимог і підтримувати високий рівень співпраці. Це потужне поєднання сприяє успіху проектів, створюючи середовище, де прозорість, гнучкість і постійне вдосконалення знаходяться на першому місці в процесі розробки. Результати проведеного дослідження ефективності використання різних комбінацій підходів, оцінок та самого процесу оцінювання можна побачити нижче (рис. 1).

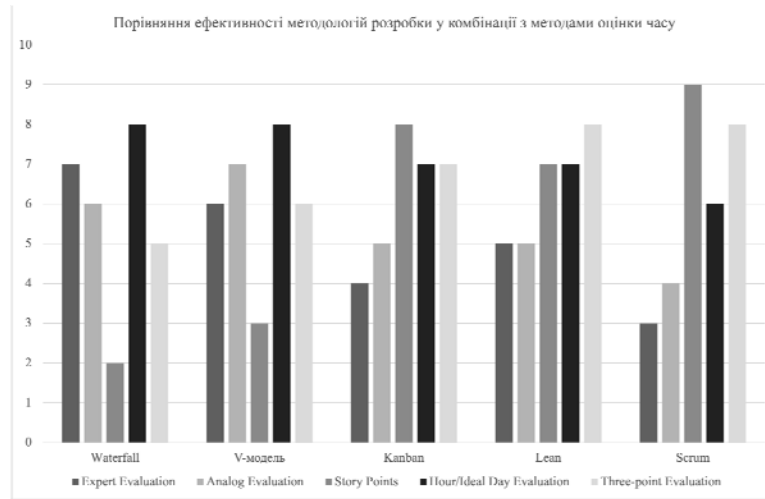


Рисунок 1 - Результати порівняння методологій

Література:

1. Wang, Xin, Tapani Ahonen, and Jari Nurmi. "Applying CDMA technique to network-on chip." *IEEE transactions on very large scale integration (VLSI) systems* 15.10 (2007): 1091-1100.
2. P. S. Abril, R. Plant, The patent holder's dilemma: Buy, sell, or troll?, *Communications of the ACM* 50 (2007) 36–44. doi:10.1145/1188913.1188915.
3. S. Cohen, W. Nutt, Y. Sagic, Deciding equivalences among conjunctive aggregate queries, *J. ACM* 54 (2007). doi:10.1145/1219092.1219093.
4. J. Cohen (Ed.), Special issue: Digital Libraries, volume 39, 1996.
5. D. Kosiur, *Understanding Policy-Based Networking*, 2nd. ed., Wiley, New York, NY, 2001.
6. Nevliudov, I., Omarov, M., Yevsieiev, V., Bronnikov, A., & Lyashenko, V. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis.
7. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., & Ahmad, M. A. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive Cyber-Design CPPS Development.
8. Maksymova, S., Abu-Jassar, A., Gurin, D., & Yevsieiev, V. (2024). Comparative Analysis of methods for Predicting the Trajectory of Object Movement in a Collaborative Robot-Manipulator Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(10), 38-48.
9. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
10. Yevsieiev, V., & Uskov, S. (2024). *The Solution to the Task of Analyzing the Reliability of Web Sites Using Python Parsing* (Doctoral dissertation, International Center of Scientific Research).

NEWTON'S METHOD FOR REAL-TIME DRONE TRAJECTORY CORRECTION

Nikita Hryshchuk

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: nikita.hryshchuk@nure.ua

Annotation: This paper presents an application of Newton's method for real-time trajectory correction of drones in dynamic environments. The method iteratively computes optimal adjustments based on trajectory deviation, enabling drones to quickly adapt to changes in course caused by wind, obstacles, and sensor inaccuracies. The findings demonstrate Newton's method as a highly efficient solution for maintaining trajectory accuracy, enhancing operational stability in fields such as agriculture, infrastructure inspection, and environmental monitoring.

Keywords: Newton's method, trajectory correction, real-time control, drones, optimization.

As drones are increasingly used in various sectors, their ability to accurately correct trajectory in real-time becomes essential. Environmental factors such as wind and obstacles can disrupt a drone's path, creating the need for efficient, responsive correction algorithms. Newton's method, with its iterative optimization properties, offers a straightforward and effective approach to managing trajectory deviation in real-time applications.

Newton's method, typically used to find the roots of a function, iteratively adjusts values by approximating the zero points. The general formula is:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

In this context, x represents the position correction required to return the drone to its intended path, while $f(x)$ is a function of the positional deviation. $f'(x)$ (the derivative of $f(x)$) provides the rate of change, essential for quickly converging to the correct path.

The Newton iteration for trajectory correction involves:

1. Measure deviation from the target path using sensor data (GPS, gyroscope, accelerometer).
2. Apply Newton's formula to compute the positional adjustment, minimizing the deviation.
3. Repeat steps iteratively until the deviation $f(x_n)$ is within acceptable limits, ensuring rapid convergence.

Drones equipped with sensors such as GPS for positioning, gyroscopes for angular orientation, and accelerometers for motion detection are well-suited for continuous feedback. This data allows the system to quantify deviation as a function $f(x)$, which represents the difference between the drone's current and intended positions.

The iterative correction begins once deviation exceeds a predefined threshold, ensuring that only necessary corrections are made to avoid excessive adjustments. Newton's method is applied iteratively, where each cycle reduces the deviation, thus guiding the drone back towards its optimal path.

Compared to traditional PID (Proportional-Integral-Derivative) controllers often used in trajectory correction, Newton's method theoretically exhibits a faster convergence rate and reduces the need for multiple parameter adjustments. In particular, the ability to use a single iterative formula without extensive tuning of parameters makes Newton's method highly adaptable for various environments and operational demands.

The effectiveness of Newton's method in maintaining a stable flight path under different conditions underscores its suitability for high-precision applications such as environmental monitoring, crop assessment, and infrastructure inspection. Figure 1 illustrates the correction cycle, where each loop back to deviation calculation ensures continuous alignment with the target trajectory, ultimately achieving a path that closely follows the intended route.

Consider a drone that drifts off course due to wind. The initial deviation function represents the

distance from the target trajectory. Using Newton's method:

$$f(x) = x^2 - 4, f'(x) = 2x$$

Suppose the drone is initially at $x = 3$. Applying Newton's formula:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{x_n^2 - 4}{2x_n}$$

The method rapidly converges to $x = 2$, reducing deviation close to zero within three steps.

Table 1 - Results of each Newton's Method iteration for trajectory correction

Iteration	x_n	Deviation $f(x_n)$
1	2,17	0.49
2	2,0046	0,0092
3	2,00001	0,00004

CONCLUSIONS. Newton's method is a powerful tool for real-time trajectory correction in drones. Its rapid convergence allows for efficient path correction, making it highly suitable for dynamic environments where continuous adaptation is crucial. This study confirms that applying Newton's method can reduce trajectory drift effectively, enhancing stability in high-precision applications such as environmental monitoring and infrastructure inspection.

References:

1. Johnson, D. S. (1996). A theoretician's guide to the experimental analysis of algorithms. Proceedings of the Fifth and Sixth DIMACS Implementation Challenge.
2. Ross, B., Murphy, C., & Wilkins, M. (2018). UAV trajectory control using iterative optimization algorithms. Journal of Aerospace Engineering.
3. Li, S., Chen, Y., & Wang, Z. (2020). Real-time path optimization in UAV navigation: A comparative study of Newton and gradient methods. International Journal of Advanced Robotic Systems.

INDUSTRY 5.0 IN MODERN MANUFACTURING

Dmytro Gurin

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: dmytro.gurin@nure.ua

Annotation: The article examines the main aspects and prospects of Industry 5.0. This stage of production development emphasizes the interaction between people and machines, focusing on human-centricity and sustainable development. If Industry 4.0 focused on autonomous systems, then Industry 5.0 is aimed at the symbiosis of humans and robots, which allows combining the creative abilities of people with the precision and productivity of machines.

Key words: Industry 5.0, Industry 4.0, robotics, Human-centricity, Cobots.

Industry 4.0 involved integrating the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence to automate processes. However, Industry 5.0 shifts the focus to the collaboration of humans and machines. Robots do not replace workers, but help them solve problems with high accuracy, freeing up time for creative and intellectual aspects of work.

Let's consider the key aspects of industry 5.0:

1. Human-Centric – Industry 5.0 places people at the center of the production process, increasing their influence on the final product. Machines and robots act as assistants, increasing productivity and precision;

2. Collaborative robots (cobots) – Unlike traditional robots, cobots are safe to work near people. They perform tasks that require precision, strength or repeatability, while people focus on management and control;

3. Product customization – Industry 5.0 allows for the production of goods according to individual customer requests, while maintaining the scale of mass production. This is relevant for industries with a high level of product customization;

4. Sustainable development – Industry 5.0 technologies contribute to the environmentally friendly operation of enterprises. Attention to resources, waste reduction and the use of renewable energy are important components that help reduce the environmental footprint of production.

The main feature of Industry 5.0 is the focus on humans as the central element of the production process. In this paradigm, humans and machines work hand in hand, complementing each other. Robots do not replace humans, but help them perform complex tasks that require high levels of precision or repeatability. This allows humans to focus on more creative, innovative aspects of their work.

One of the key technology trends of Industry 5.0 is the introduction of collaborative robots, or cobots. These robots differ from traditional industrial robots in that they are specifically designed to safely interact with people in the same workspace. Cobots can perform tasks that require physical strength, endurance, or precision, freeing people up for more intellectual work.

Industry 5.0 also facilitates mass customization of products. Thanks to the flexibility and adaptability of robotic systems, businesses can produce goods that meet specific customer requirements on a mass production scale. This trend is directly related to the increasing demand for unique and personalized products.

Another important aspect of Industry 5.0 is the focus on environmental and social factors. Manufacturing companies strive to reduce their carbon footprint, minimize waste, and use resources more efficiently. Humans, as active participants in the production process, bring awareness and critical thinking, which helps to implement sustainable practices at all stages of production.

Consider the Benefits of Industry 5.0

- automated systems perform routine tasks, freeing people for creative work and decision-making;
- joint work of people and cobots allows to improve accuracy and reduce product defects;
- liberation from monotonous tasks and participation in creative processes increases motivation and involvement of workers;

– human-centricity of Industry 5.0 allows to optimize resource consumption and implement environmentally responsible practices.

But there are always aspects that create challenges. The introduction of new technologies requires training employees to interact with cobots and digital systems. Small and medium-sized enterprises may face difficulties in integrating robots and automated solutions due to high costs. There is a need to address employment issues and the ethical use of technology to ensure a safe and comfortable working environment.

The future of Industry 5.0 promises a deep integration of people and machines in production, opening up new opportunities for innovation. Robotics, artificial intelligence, and sustainability technologies will play a key role in solving global challenges such as climate change and resource depletion. Industry 5.0 makes production adaptive and environmentally responsible, and improves working conditions, encouraging a sustainable and conscious approach to production.

CONCLUSIONS. Industry 5.0 is the next stage of industrial evolution, which combines technological advances with human capabilities. The main difference between this concept and previous ones is its human-centricity, where humans and machines work closely together to achieve higher productivity and quality. Despite existing challenges, such as the need for personnel training and significant implementation costs, Industry 5.0 opens up new horizons for production, making it more adaptive, individualized and sustainable.

Industry 5.0 not only increases production efficiency, but also improves working conditions, enhances the role of humans in creative and intellectual processes and promotes sustainable development. This new stage in the industrial revolution promises to be key in building a more harmonious and balanced interaction between humans and technology, which will not only allow us to reach new heights in production, but also solve many global problems of our time..

References:

1. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // Sectoral research XXI : characteristics and features : collection of scientific papers "SCIENTIA" with proceedings of the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. - Chicago : European Scientific Platform, 2023. - P. 92-94.
2. Rahman, M. M., Khatun, F., Jahan, I., Devnath, R., & Bhuiyan, M. A. A. (2024). Cobotics: The Evolving Roles and Prospects of Next-Generation Collaborative Robots in Industry 5.0. *Journal of Robotics*, 2024(1), 2918089.
3. Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalailah, A. (2024). MobileNetv2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4 (8), 5-12.
4. Zafar, M. H., Langås, E. F., & Sanfilippo, F. (2024). Exploring the synergies between collaborative robotics, digital twins, augmentation, and industry 5.0 for smart manufacturing: A state-of-the-art review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 89, 102769.
5. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
6. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*.
7. Maksymova, S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I., & Bahlai, O. (2024, May). Balancing System For A Zoomorphic Spot Type Mobile Robot Development Using An Accelerometer MPU 6050 (GY-521). In *2024 IEEE 19th International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)* (pp. 39-42). IEEE.

AUTOMATION SYSTEMS FOR EUROPEAN GREEN AND DIGITAL TRANSITIONS

Irina Kolupaieva¹, Igor Nevliudov¹, Yurii Romashov¹, László Vértesy²

¹Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE)

Hungary, 2100, Gödöllő, Péter Károly u. 1

E-mail: yurii.romashov@nure.ua

Annotation: The development of automation systems in the accordance with the energy and resource efficiency criteria is discussed taking into account with the European green and digital transitions. It is highlighted, that the improved mathematical modelling of the inherent processes including resources consumptions, and the solving of related constrained optimisation problems are required to achieve the resource efficiency for automation systems.

Key words: Automation system, mathematical modelling, resource e saving, optimisation, green transition, digital transition.

The green and the digital transition are the important priorities of the political guidelines for the European Commission [1, 2] supported by the correspondent European directives and laws, whose create the novel environment for the European society, the economics, the industry to provide the sustainable development at present and in future. It is necessary to highlight, that the digital transition is actually not the own goal, but it is the tool to achieve other goals including the green transition related with minimum environment pollutions and resources consumptions accompanied with the people economic activities. At the same time, the decreasing of the environment pollutions and resources consumptions cannot be achieved by means only the political directives, but all these require the related scientific and engineering innovations firstly. So, the researches about the energy and resource efficiencies are particularly relevant at present, although the relevance of such researches is permanent and outside of the times, because of the economic effects from the business point of view.

To achieve the significant decreasing of the energy and resources consumptions, the sustainable technological renovations are required. At the same time, it is difficult to propose the foundation for such sustainable technological renovation, because of such foundations must be built on the basis of the related scientific results and the related engineering solutions, whose must be developed, but long times are required to do it. A lot of researches directed to develop the foundations for the sustainable technological renovations are not systematic and they consider the particular tasks without general vision on the problem. The purpose of this research is in development of the general vision on the development of the foundations for the sustainable industrial renovation through the improvement of the automation systems.

The various automation systems are the consequents of the different industrial, agricultural, business and household technical systems consuming the energy and the resources during the operation. The automation systems form the controls defining the processes during the operation of the technical systems, so the manner of the control forming inherent for the automation system has the influences on the energy and resource consumptions. This circumstance leads to the idea, that the correspondent renovation of the automation systems allows to decrease the energy and resources consumptions during the operation of the technical systems without renovations of the own systems component not related directly with the automatization. Although, such approach to provide the implementations of the sustainable renovations is limited due to the inherent existence of the obsolete equipment and structures, but in a lot of cases it can significantly increase the energy and resource efficiencies, and it is important to provide the relatively efficient exploitations before the making of the total renovations. Such approach is widely used at present for buildings renovations through the implementations related automation systems, as it is discussed in the research [3] for an example, but it is possible to expand such approach for others applications, and, moreover, to consider it as the foundation for the sustainable technological renovations directed to the decreasing of the energy and resources consumptions. The effects from the renovations of the automation systems is related with the significant development of electronics, which is used in the

automation systems. Besides, the costs required to the renovations of the automation systems are significantly less than the costs required for the total renovations of the technical systems.

If the modernisation of the automation systems is assumed as the foundation for the sustainable renovations directed to the energy and resource efficiencies, then the novel automated systems must be especially developed to provide the energy and resource efficiency during the operation. The principal way to develop such automated systems is in the improved mathematical modelling of the inherent processes, as well as the energy and resources consumptions as the results of these processes. In this modelling it is necessary to represent the automation systems through the set of the scalar parameters, whose are the weights of the basic controls for the transient modes automation [4], or they are the parameters of the automatic governors for the steady state modes supporting. Such mathematical modelling allows to formulate the constrained optimisation problem to define these scalar parameters defining the automation system regarding with the energy and resource efficiency criteria [4]. The objective function for this constrained optimisation problem represents the depending of the consumed energy and resources on the scalar parameters defining the automation system [4], but the inequality constraints are related with the restrictions on the controls. Besides, the inequality constraints with the stability conditions for the parameters of the automatic governors are required, if the steady state modes are considered, and the equality conditions related with the definitions of the initial and final states are required, if the transient modes are considered [4]. Such formulated constrained optimisation problem can be solved practically only by means the numerical methods and the related computer technologies, so the automation engineering must be based on the digital tools supporting the development of the automation systems providing energy and resource efficiency operation. The usage of such computer-aided tools for automation system engineering requires the related fundamental education, the digital education and skills for the automation engineers.

CONCLUSIONS. The development and the implementation of the novel type of automation systems providing the energy and resource efficiency can be assumed as the foundation for the sustainable technological renovations for green and digital transitions. To provide the competencies required to make such development, the scientific researches of the energy and resource efficiency of the automation systems are required. Besides, the education in the field of the automation engineering must be improved through the advanced study in the mathematics, mechanics and others with the numerical methods predomination, as well as in the scientific programming.

References:

1. European Commission, Directorate-General for Communication, Leyen, U. (2019) A Union that strives for more : my agenda for Europe : political guidelines for the next European Commission 2019-2024. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2775/018127>.
2. European Commission: Directorate-General for Communication and Leyen, U., Europe's choice – Political guidelines for the next European Commission 2024–2029, Publications Office of the European Union, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2775/260104>.
3. Vandenbogaerde, L., Verbeke, S., & Audenaert, A., (2023). Optimizing building energy consumption in office buildings: A review of building automation and control systems and factors influencing energy savings, *Journal of Building Engineering*, 2023, Vol. 76, Article ID 107233, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107233>.
4. Kolupaieva, I., Nevludov, I., Romashov, Y., Tiesheva, L., Vértesy, L. (2024). Intelligent Automated Control in Accordance with Resource Efficiency Criteria toward Circular Economy Transition. In: Kahraman, C., Cevik Onar, S., Cebi, S., Oztaysi, B., Tolga, A.C., Ucal Sari, I. (eds) *Intelligent and Fuzzy Systems. INFUS 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 1089. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67195-1_17.

THE DIGITAL TWIN TO REPRESENT THE HEAT EXCHANGER AS THE AUTOMATION OBJECT THROUGH THE PARAMETRIC IDENTIFICATION

Roman Maksym, Yurii Romashov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: roman.maksym@nure.ua, yurii.romashov@nure.ua

Annotation: This research is about the development of the digital twin envisaged to represent the heat exchanger as the automation object. The digital twin is developed on the basis of the simplified assumptions, that the heat transfer between the heater and coolant mediums inside the heat exchanger is through the equivalent plane wall. The relations between the processes in the heat exchanger and the mathematical model representing this heat exchanger as the automation object are discussed.

Key words: Heat exchanger, digital twin, automation object, mathematical modelling, heat conduction, parametric identification, initial boundary value problem.

The usage of the digital twins for automation engineering is in agreement with the green and digital transitions declared as the principal priorities of the European Union development until 2030 year, as it is highlighted in the political guidelines of the European Commission [1, 2]. Indeed, such approach allows to exclude the energy-consuming tests and material-consuming physical models from the researches. So, the relevance of this research is due to the agreement with the modern trends supported by the European green and digital transitions.

The digital twins are used usually to illustrate the properties of the researched objects, as it is discussed in the research [3] for the heat exchanger stations. The digital twins are based on the mathematical modelling of the processes inherent for the researched object, as it is discussed in the research [4] to consider the optimal controls for the transient processes of the heat conduction. The general approaches for the mathematical modelling of the heat exchangers as the automation objects proposed in the research [5] are based actually on the usage of the digital twins, so that the results of computer simulations of heat exchangers are used as data for the parametric identification of the linearized mathematical model representing these heat exchangers as the automation objects. The purpose of this research is in the continuation and development of the research [5] through the consideration of the more detailed representations of the heat exchangers as the automation objects.

The schematization of the heat exchanger is under the assumption, that the heat conduction is through the equivalent plane wall (Fig. 1), as it is in the research [5]. Such schematization leads to the following representations of the processes in the heat exchanger (Fig. 1):

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c\rho} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad T(0, z) = T^{(0)}(z), \quad a \leq z \leq b, \quad (1)$$

$$\alpha_a T(t, a) - \lambda \frac{\partial T}{\partial z}(t, a) = \alpha_a T_a^{(inp)}(t), \quad \alpha_b T(t, b) - \lambda \frac{\partial T}{\partial z}(t, b) = \alpha_b T_b^{(inp)}(t), \quad (2)$$

$$T_a^{(out)}(t) = T_a^{(inp)}(t) - \frac{A_a \alpha_a}{c_a \rho_a v_a} (T_a^{(inp)}(t) - T(t, a)), \quad T_b^{(out)}(t) = T_b^{(inp)}(t) + \frac{A_b \alpha_b}{c_b \rho_b v_b} (T(t, b) - T_b^{(inp)}(t)), \quad (3)$$

where t, z are the time and the coordinate along the height of the wall; a, b are the coordinates of the boundary surfaces wall; $T(t, z), T^{(0)}(z)$ are the temperature and its initial value; λ, c, ρ are the heat conductivity, the heat capacity and the density of the material of the wall; $\alpha_a, A_a, c_a, \rho_a$ and $\alpha_b, A_b, c_b, \rho_b$ are the heat transfer coefficient, the heat exchanging area, the heat capacity, the density of the heater and coolant mediums; $T_a^{(inp)}, T_a^{(out)}$ and $T_b^{(inp)}, T_b^{(out)}$ are the input and output temperatures of the heater and coolant mediums.

The mathematical model (1)–(3) allows to define the output temperatures for the given input

temperatures of the heater and coolant by means the related numerical methods allowing the correspondent computer simulations, so this mathematical model represents the digital twin the heat exchanger.

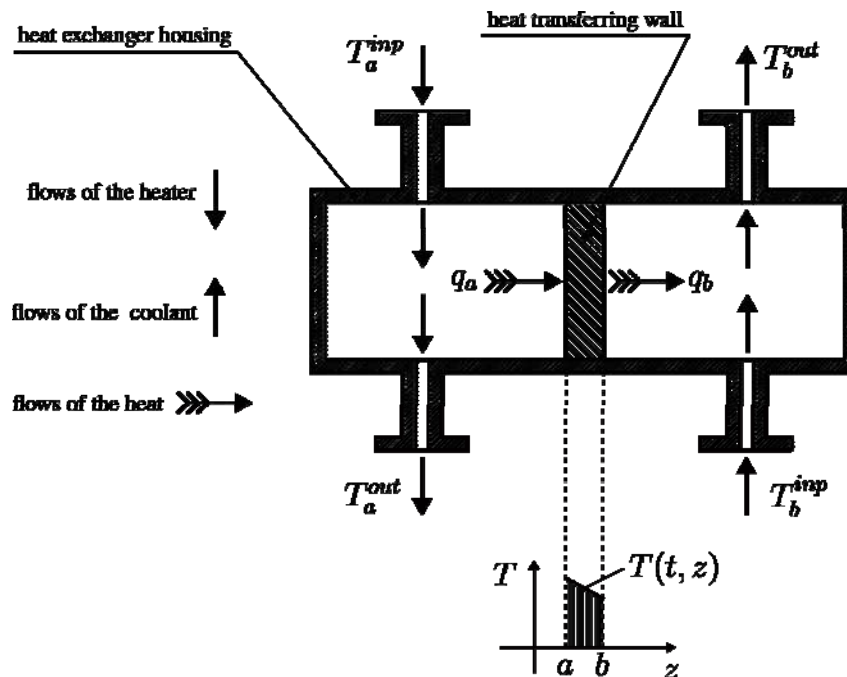


Figure 1 – The schematization of the heat exchanger and inherent heat conduction processes

The input temperatures of the heater and coolant must be considered as the controlling parameters, but the output temperatures of the heater and coolant must be considered as the controlled parameters of the heat exchanger.

CONCLUSIONS. The digital twin is developed on the basis of the simplified assumptions, that the heat transfer between the heater and coolant mediums inside the heat exchanger is through the equivalent plane wall.

References:

1. European Commission, Directorate-General for Communication, Leyen, U. (2019) A Union that strives for more : my agenda for Europe : political guidelines for the next European Commission 2019-2024. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2775/018127>.
2. European Commission: Directorate-General for Communication and Leyen, U., Europe's choice – Political guidelines for the next European Commission 2024–2029, Publications Office of the European Union, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2775/260104>.
3. Benešl, T, Husák, M., Mihálik, O., Vancľ, R., & Z. Bradáč, Z. (2024). Digital twin of heat exchange station, IFAC-PapersOnLine, 2024, Volume 58, Issue 9, P. 311-316. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.415>
4. Nevliudov, I.Sh., & Romashov, Yu. V. (2020). One numerical approach to optimal control the linear heat conduction processes, Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Ser. "Mathematics, Applied Mathematics and Mechanics", 2020, Vol. 92, P. 25-43. <https://doi.org/10.26565/2221-5646-2020-92-03>.
5. Nevliudov, I., Ratushnyi, O., & Romashov Yu. (2023). Development of General Approaches for Mathematical Modelling of Heat Exchangers as Automation Objects // Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: Proceedings of VIIst International Conference, Kharkiv, October 19-20, 2023: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] - Kharkiv .: [electronic version], 2023. - 163 p. - pp. 153-157.

ПЕРСОНАЛІЗОВАНІ 3D-МОДЕЛІ ДЛЯ СТЕРЕОЕНДОСКОПІЧНОЇ ХІРУРГІЇ ПАЗУХ НОСА: СИНЕРГІЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЦИФРОВИХ ІННОВАЦІЙ У РИНОЛОГІЇ

Сокольков А. О., Аврунін О. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: andrii.sokoltsov@nure.ua, oleh.avrunin@nure.ua

Анотація: У роботі досліджено використання 3D-друкованих моделей та стереоендоскопії в хірургії носових пазух для покращення передопераційного планування, навчання та зниження ризиків у пацієнтів. Персоналізовані моделі, створені на основі КТ-даних, дозволяють хірургам відтворювати складні анатомічні структури й відпрацьовувати маневри в критичних зонах. У роботі також висвітлено переваги адитивних технологій у контексті економічної ефективності, зменшення ускладнень та підвищення точності операцій.

Ключові слова: 3D-друк, персоналізовані моделі, ринологія.

В сучасній медичній практиці використання тривимірного (3D) моделювання стає важливим інструментом для планування операцій та підготовки медичного персоналу, особливо в області ринології. Розвиток функціональної ендоскопічної хірургії пазух носа (FESS) вимагає високої точності та спеціальних навичок, оскільки процедура здійснюється в складному тривимірному просторі з обмеженим доступом до анатомічних структур. Оскільки FESS є малоінвазивною процедурою, що потребує бімануальної майстерності, її ефективне виконання є критичним для зменшення ризиків для пацієнта і досягнення оптимальних результатів [1-4].

Зазвичай, традиційне навчання FESS здійснюється на трупних зразках, проте такі методи мають низку недоліків, зокрема етичні та економічні обмеження, а також ризик інфекцій. Використання 3D-друкованих моделей дозволяє уникнути цих обмежень, надаючи можливість індивідуального навчання з врахуванням конкретної анатомії пацієнта. 3D-моделі, створені на основі даних комп'ютерної томографії, можуть бути адаптовані до кожного пацієнта, що робить їх привабливим варіантом для клінічних установ, де доступ до трупного матеріалу обмежений або регулюється законодавством [5-6]. 3D-друк дозволяє відтворювати складні анатомічні структури, забезпечуючи реалістичний досвід роботи з тканинами, що важливо для ринології. Тривимірні моделі, окрім економічної доступності, можуть багаторазово використовуватись, що сприяє ефективному навчанню та підготовці до складних операцій. У порівнянні з традиційними методами, 3D-моделі забезпечують стабільність анатомічних структур та відсутність варіативності, пов'язаної з попередніми операціями чи особливостями пацієнтів. Моделі з високою деталізацією допомагають стажерам тренувати маневрування та техніки, необхідні для безпечних ендоскопічних операцій у зонах з обмеженим доступом. Попередні спроби навчання включали використання овочів та тканин тварин, але вони не відтворювали складність людських тканин, що зумовило розвиток 3D-принтованих моделей для точнішої підготовки. [1-2]. Розвиток адитивних технологій зробив 3D-друк доступнішим та дозволив створювати індивідуалізовані моделі на основі потреб пацієнта. Сучасний 3D-друк відтворює не лише анатомію, але й моделює стани тканин, як-от хрящі та кістки, що важливо для реконструктивних операцій. Такі моделі підвищують точність і передбачуваність тренувань, зменшуючи ризик ускладнень. Однак вартість моделей може зростати через потребу у високій точності та реалістичності. Інноваційні підходи, як-от доповнена реальність (AR), покращують навчання, дозволяючи імітувати хірургічні ситуації та забезпечувати тактильний зворотний зв'язок. AR-технології допомагають хірургам відточувати навички, контролювати силу тиску та зменшувати відстань між інструментами, що сприяє підвищенню майстерності. [7]. Персоналізація хірургічних моделей на основі конкретних даних пацієнта підвищує ефективність хірургії, дозволяючи лікарю глибше ознайомитися з анатомічними особливостями конкретного випадку. Це важливо не тільки для точного планування операції, а й для зниження ризиків і зменшення ймовірності ускладнень. Наприклад, 3D-друковані моделі, що

відтворюють складні структури носових пазух, можуть бути використані для тренування перед операцією, надаючи можливість відпрацювати маневри в критичних зонах, уникати контактів із життєво важливими структурами, як-от очниця або сонна артерія. Персоналізовані моделі також дають змогу оцінити технічні навички хірурга за допомогою об'єктивної структурованої оцінки (OSATS) і повторних тренувальних операцій. Це дозволяє оптимізувати навчальний процес, зменшуючи час адаптації до операційного середовища та забезпечуючи швидше набуття практичних навичок. Крім того, використання таких моделей сприяє розробці стандартних підходів до складних процедур, де кожна з анатомічних особливостей пацієнта враховується на етапі планування [5].

ВИСНОВКИ. Розвиток адитивних технологій та цифрових інновацій, таких як доповнена реальність, відкриває нові перспективи в ринології та хірургії носових пазух. Ці технології надають можливість покращити підготовку хірургів, забезпечуючи безпечніші і точніші операційні втручання, а також дозволяють персоналізувати підхід до кожного пацієнта. Враховуючи економічні та етичні переваги, використання персоналізованих 3D-моделей у навчанні та підготовці хірургів стає оптимальним варіантом для клінік, що прагнуть підвищити рівень надання медичних послуг. Завдяки новим підходам у навчанні ринологічної хірургії, медичний персонал зможе розвивати свої навички в безпечному середовищі, без ризиків для пацієнтів. Подальший розвиток і впровадження інновацій, таких як моделювання з використанням AR, забезпечить медицину новими інструментами, здатними змінити підхід до планування операцій і підготовки персоналу.

Література:

1. Tikka S et al. A Feasible, Low-Cost, Capsicum and Tomato Model for Endoscopic Sinus and Skull Base Surgery Training. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2022 Dec;74(Suppl 3):4565-4570. doi: 10.1007/s12070-021-02583-z. Epub 2021 Jul 5. PMID: 36742779; PMCID: PMC9895242.
2. De Oliveira HF et al. A feasible, low-cost, reproducible lamb's head model for endoscopic sinus surgery training. *PLoS One.* 2017 Jun 29;12(6):e0180273. doi: 10.1371/journal.pone.0180273. PMID: 28662196; PMCID: PMC5491169.
3. Suzuki M et al. Repetitive simulation training with novel 3D-printed sinus models for functional endoscopic sinus surgeries. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2022 Jul 21;7(4):943-954. doi: 10.1002/lio2.873. PMID: 36000044; PMCID: PMC9392405.
4. Suzuki M et al. Remote Training of Functional Endoscopic Sinus Surgery With Advanced Manufactured 3D Sinus Models and a Telemedicine System. *Front Surg.* 2021 Oct 1;8:746837. doi: 10.3389/fsurg.2021.746837. PMID: 34660685; PMCID: PMC8517106.
5. Avrunin, O. G. et al. Application of 3D printing technologies in building patient-specific training systems for computing planning in rhinology. Paper presented at the Information Technology in Medical Diagnostics II - Proceedings of the International Scientific Internet Conference on Computer Graphics and Image Processing and 48th International Scientific and Practical Conference on Application of Lasers in Medicine and Biology, 2018, 1-8. doi:10.1201/9780429057618-1.
6. Бажан О. В., Аврунін О. Г., Тимкович М. Ю. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії. *Авіація, промисловість, суспільство : матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів, Кременчук.* 2018. С. 184.
7. Varshney R, Frenkiel S, Nguyen LH, Young M, Del Maestro R, Zeitouni A, Saad E, Funnell WR; National Research Council Canada; Tewfik MA. The McGill simulator for endoscopic sinus surgery (MSESS): a validation study. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2014 Oct 24;43(1):40. doi: 10.1186/s40463-014-0040-8. PMID: 25927463; PMCID: PMC4210497.

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Софія Хрустальова

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр-т Науки., 14

E-mail: sofia.khrustalova@nure.ua

Анотація: в роботі запропоновано підхід щодо впровадження цифрових технологій для трансформації сучасного виробництва в умовах воєнного стану. Проведено глибокий огляд та аналіз проблем функціонування виробничих підприємств у прифронтових територіях України. Визначені технології, які доцільно використовувати для успішної цифрової трансформації виробничих підприємств задля підвищення конкурентоспроможності та економічного зростання.

Ключові слова: цифрова трансформація, виробництво, цифрові технології, цілі сталого розвитку.

Сьогодні наша держава перебуває в край складних умовах через повномасштабне вторгнення військ Російської Федерації. Через це більшість підприємств, особливо з прифронтових територій, вимушені здійснювати релокацію або значно зменшити свої потужності. Така економічна криза і надала ще більшого поштовху до підвищення значущості цифрових технологій для трансформації виробництв з метою забезпечення економічної стійкості України.

У нинішній ситуації економічної та соціальної кризи, що спричинені на початку пандемією COVID-19, а тепер війною, також заходи фізичного дистанціювання прискорили багато змін, оскільки перевага надається онлайн-каналам у спробі зберегти певний рівень активності. Такий темп цифрової трансформації у виробництві та споживанні вже є незворотнім. Воєнний стан країни створив більшу потребу і показав важливість цифрових технологій для відновлення та розвитку підприємств та бізнесу в цілому.

Цифрові технології повинні використовуватися для побудови нового майбутнього через економічне зростання, створення робочих місць, зменшення нерівності та збільшення стійкості. Це шлях до досягнення Порядку денного у сфері сталого розвитку до 2030 року та досягнення Цілей сталого розвитку. Саме такий підхід сприяє екологічним інноваціям, які сприяють сталому розвитку, зменшуючи вплив на довкілля та оптимізуючи використання ресурсів.

До основних цифрових технологій широкого використання можна віднести хмарні обчислення, віртуальну реальність, Інтернет речей, великі масиви даних, бездротові технології, штучний інтелект, віддалений та мобільний доступ, тривимірний друк [1-3] тощо.

Наприклад, розгортання мереж 5G необхідна умова для нових моделей промислового виробництва. П'яте покоління мобільних мереж стане проривом для промислової організації та виробництва завдяки своїм технічним характеристикам (вища швидкість передачі даних, до 20 Гбіт/с), наднадійність, низька затримка, підвищена безпека мережі та енергоефективність пристроїв. Таким чином, розгортання цих мереж дасть змогу поширити бездротові широкосмугові послуги за межі мобільного Інтернету до складних систем Інтернету речей з низькою затримкою та високим рівнем надійності, необхідним для підтримки критично важливих додатків у всіх секторах економіки. Застосування галузевих мереж 5G залежно від необхідного рівня затримки наведено на рис. 1.

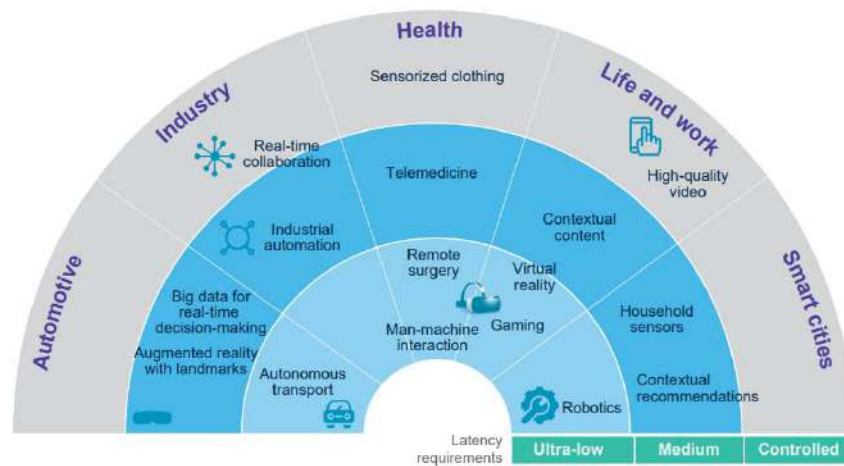


Рисунок 1 – Застосування галузевих мереж 5G залежно від необхідного рівня затримки [4]

В цілому цифрова трансформація виробничого сектору набуває форми нових моделей управління, бізнесу та виробництва. Поширення промислового Інтернету, інтелектуальних систем, віртуальних глобальних ланцюгів доданої вартості та штучного інтелекту у виробничих процесах прискорює інновації та підвищує продуктивність, що позитивно впливає на економічне зростання. Зокрема, «розумні» виробничі моделі можуть підвищити конкурентоспроможність з меншим впливом на навколишнє середовище, оскільки компанії використовують цифрові інструменти для зменшення свого впливу на навколишнє середовище, щоб оцінити свій вплив на зміну клімату та модифікувати своє виробництво. Дійсно, такий підхід є дуже складним, багаторівневим, вимагає значних фінансових витрат, але без певної трансформації виробничі підприємства не матимуть змоги вижити та ефективно розвиватись задля економічної підтримки держави, що особливо важливо в умовах воєнного стану.

Література

1. Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / І. Ш. Невлюдов, О. О. Чала, Ю. М. Олександров // Сучасний рух науки : тези доп. VIII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т. 2. - С. 604-608. <http://openarchive.nure.ua/handle/document/11348>
2. Igor Nevliudov, Sergiy Novoselov, Oksana Sychova, Denis Mospan, Oleksandr Klymenko, "Modeling of a Decentralized System for Maintenance of Production Equipment Based on Transport Robots", *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, pp.1-6, 2023.
3. Igor Nevliudov, Oksana Sychova, Oleksii Reznichenko, Sergiy Novoselov, Denis Mospan, Vladyslav Mospan, "Control System for Agricultural Robot Based on ROS", *2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, pp.1-6, 2021.
4. Detecon International, "5G campus networks: an industry survey", Cologne, 2019 [online] https://www.detecon.com/drupal/sites/default/files/2019-10/kor%20190613_5G_Market_Survey_final_0.pdf.

ENERGY EFFICIENCY CONTROLS FOR THE TRANSIENT MODES OF THE ELECTRIC DRIVES WITH THE DIRECT CURRENT ELECTRIC MOTORS

Maksym Kryvyi, Yurii Romashov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: maksym.kryvyi@nure.ua, yurii.romashov@nure.ua

Annotation: In this research the energy efficiency controls are discussed for the automated control of the transient models of the electric drives with the direct current electric motors. The development of such energy efficiency controls is through the consideration of the related problem of the optimal control theory, whose are reduced to the equivalent constrained optimization problems. It is shown, that the implementation of the optimal controls allows to decrease the energy consumption on the transient modes of the automation objects.

Key words: electric drive, direct current motor, transient mode, mathematical modelling, optimal control, optimization problem, energy efficiency.

The elaboration of the energy efficiency controls for the electric drives with direct current electric motors is in the agreement with the green and digital transitions envisaged as the principal pillars of the development of European Union as it is highlighted in the following political guidelines [1, 2]. So, the relevance of this research considering the energy efficiency control for the transient motors of the electric drives is due to the relation with the novel demands to the technical systems involving the energy and resource efficiency during the exploitation.

The energy efficiency of the electric drives is widely discussed it in the scientific publications, and the research [3] is one of example of it. The energy efficiency controls for the electric mechanical systems are consistently developed at the department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Robotic in Kharkiv National University of Radio Electronics last years, as it is presented in the published researches [4, 5]. In these researches, it is proposed to develop the energy efficiency control for the transient models of the electric drives with the direct current electric motor through the consideration of the related problems of the optimal control theory, and in the reducing of these problems to the equivalent constrained optimization problems. It is shown, that such approach allows to design the optimal controls providing the energy efficiency of the transient modes corresponded to the acceleration of the electric drives from the state of the rest to the given angular velocity during the given time. This research is significantly based on the results of the published researches [4, 5], but the particular purposes of this research is the detail consideration of the transient processes in the electric drives.

The development of the energy efficiency control for the transient modes of the electric drives with the direct current electric motors is significantly based on the mathematical modelling and the related computer simulations to represent the properties of the researched complicated object by means the numerical methods, is it is discussed in the researches [4, 5]. The mathematical models of the processes inherent for the considered electric drive with the direct current electric motor is developed in the view of the system of the ordinary differential equations defining the angular velocity of the output shaft of the electric drive and the electric current in the circuit of the winding of the rotor of the electric motor. These differential equations are complemented by the differential equation defining the energy consumption in the considered electric drive. These ordinary differential equations are considered with the required initial condition defining the state of the electric drive at the initial moment of the time. To formulate the problem about the optimal control, the final condition is considered as the given angular velocity on the given time after the initial time. To solve numerically such formulated optimal control problem, it is proposed to reduce it to the equivalent constrained optimization problem, which is suitable to be solved by using the numerical methods, whose are well known and developed at present. To make such reducing, the control is considered as the linear combination of the different given control modes, and the weights of this modes are the unknown in the equivalent constraining optimization problem. Such approach allows to build the optimal controls relating with the energy efficiency for the transient modes of the

considered electric drive. Computer simulations are made by using the Scilab free open-source software development for scientific and engineering computing and simulations.

Although, the optimal controls related with the energy efficiency of the considered electric drive are widely presented in the researches [4, 5], but the results about the accompanied processes are not discussed. At the same time, such processes must be researched to substantiate the strength and the operability of the mechanical and electrical parts of the considered electric drive with the direct current electric motor. So, exactly such processes are researched, and their characteristic properties are presented. Such researched processes are the time dependences of the angular velocity of the output shaft of the electric drive and the time dependencies of the electric current in the winding of the rotor of the direct current electric motor. It is necessary to substantiate, that the electric current is not so big to damage the electric motor, and that the acceleration is not so big to damage the mechanical parts of the electric drive. Besides, the smooth of the motions can be important also to provide the comfortable condition or to exclude the damages. Mathematical modelling and the computer technologies for making the simulations allow to research the processes inherent for the electric drives as the electromechanical systems having the significantly interacting mechanical and electrical parts. It is shown, that the computer simulations have the advantages comparing with them measurement on the rail systems due to the possibilities of the estimating of the magnitudes, whose cannot be measured directly. Besides, it is possible to consider the operational modes related with the damaging of the mechanical and electrical part of the electric drive.

CONCLUSIONS. The development of the energy efficiency controls for the transient motors of the electric drive with the direct current electric motor must be complimented by the researches of the inherent transient processes. Such processes are related with the changing during the time of the angular velocity of the output shaft of the electric drive and of the electric current in the winding of the rotor of the direct current electric motor. The manner of the implementation of this research is in agreement with digital transition promoted by the European Union, because of all results are elaborated by means the mathematical modelling and the usage of the computer technologies for making the required simulations.

References:

1. European Commission, Directorate-General for Communication, Leyen, U. (2019) A Union that strives for more : my agenda for Europe : political guidelines for the next European Commission 2019-2024. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2775/018127>.
2. European Commission: Directorate-General for Communication and Leyen, U., Europe's choice – Political guidelines for the next European Commission 2024–2029, Publications Office of the European Union, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2775/260104>.
3. Sánchez, G. C., Monteagudo Yanes, J. P., Montesino Pérez, M., Cabrera Sánchez, J. L., Padrón Padrón, A., & Haeseldonckx, D. (2020). Efficiency in electromechanical drive motors and energy performance indicators for implementing a management system in balanced animal feed manufacturing, *Energy*, 2020, Vol. 194, Article ID 116818. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116818>.
4. Nevliudov, I., Omarov, M., Romashov, Y., Muradova, V., & Vzesnevsky, M. (2023). One approach to find optimal controls for discrete dynamic systems with numerical methods application, *Advanced Mathematical Models & Applications*, 2023, Vol. 8, No. 3, pp.548-564. http://jomardpublishing.com/UploadFiles/Files/journals/AMMAV1N1/V8N3/Nevliudov_et_al.pdf.
5. Kolupaieva, I., Nevliudov, I., Romashov, Y., Tiesheva, L., & Vértesy, L. (2023). Intelligent Automated Control in Accordance with Resource Efficiency Criteria toward Circular Economy Transition. In: Kahraman, C., Cevik Onar, S., Cebi, S., Oztaysi, B., Tolga, A.C., Ucal Sari, I. (eds) *Intelligent and Fuzzy Systems. INFUS 2024. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 1089. P. 133-141, Springer, 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67195-1_17.

UNIFORM APPROACHES FOR THE PARAMETRIC IDENTIFICATION OF THE AUTOMATION OBJECTS THROUGH THE DIGITALISED DATA OF THE MEASUREMENTS

Artem Maniakin, Yurii Romashov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: artem.maniakin@nure.ua, yurii.romashov@nure.ua

Annotation: It is considered the uniform approaches for the parametric identification through the digitalised data of the automation objects representing by the linear ordinary differential equation having the different orders. Although, such identification procedure has no principal difficulties but it has significant dependence on their order of the differential equation representing the considered automation object. In this research it is shown that they just possible to have the uniform approaches for the parametric identification not so depended on the order of the differential equation representing the considered automation object.

Key words: Parametric identification, digitalised data, discretization, finite differences, least squares, linear differential equation, mathematical modelling.

The parametric identification of the automation object is important to achieve the resource and energy efficiency during the exploitation, wolves are the novel requirement on the technical systems due to the green and digital transitions, promoted by the European commission is the principal pilots for the European Union development as it is highlighted in the political guidelines [1, 2]. So the relevance of This research is due to the agreement with the modern requirement to the aftermation systems related with energy and resource efficiency.

The procedures of parametric identification are widely researched at present because of it is important to provide the digitalization of the products to have the principally new properties and qualities, including related with the energy and resource efficiency, and the research [3] either one of the example of this. The parametric identification procedures are research also in the articles [4, 5] answer that part of the complicated scientific and engineering problems. The purpose of This research is in consideration of the uniform approaches for the making of the parametric identification irritable for the automation objects define linear ordinary differential equations with different orders.

The parametric identification is the problem about the defining of the parameter of the differential equation representing the mathematical model of the automation object through the given control it and controlling parameters of this automation object. The control and a controlling parameter of the automation object for the parameter identification are usually presented in the digital form as the set of the correspondent values related with the discrete time moments, provided by the analog to digital converters during the measurements. The principal difficulties of the parametric identification procedure is in agreement of the differential equation with the district data about the controlling and control it parameters of the automation object. Such agreement must be due to the transformation of the differential equation representing the considered automation object to the equivalent discrete form. To make such discretization of the differential equation representing the considered automation object, it is necessary to use the related finite differences formulas. Although, is it techniques of the application of the finite differences formulas are well known, but in the case of differential equation having the higher orders such application is related with some not principal but technical difficulties. These technical difficulties add you to the various possibilities of the usage of different finite differences formulas for the same, as well as due to the cumbersome transformations. To overcome these difficulties, it is necessary to consider especially chosen examples about the parametric identification for the automation objects defined by the linear ordinary differential equations having the different orders. The experience of the consideration of such examples can be generalized in the form of the recommendations for that usage of the finite differences formulas four said this criticization of the linear differential equations representing the automation objects.

The principal attention of the researches must be to the chore of the finite difference formulas. Indeed, it is possible to use the phoenix differences formulas having the different accuracy, but increasing accuracy of the finite differences formulas is related with the complication of this formulas do you two increasing the counts of the items. Taking into account this circumstances it is necessary to substantiate the choosing of the accuracy of the finite differences formulas which is the most suitable for the discretization of the differential equation for making the parametric identification of the information objects. It is necessary to highlight that such resources are cumbersome due to the usage of the complicated formulas having the big counts of the items. At the same time such resources are important to formulate the recommendation for the usage of the phoenix differences formulas for making the parametric identification of the automated objects on the digitalised data about the controller and controlling parameters. To make such resources it is necessary to consider their examples of the parametric identification with the usage of the finite differences formulas having the different accuracies. The comparison of the results of such parametric identification allows to formulate the recommendation about the usage of the finite differences formulas.

CONCLUSIONS. The development of the uniform approaches for making the parametric identification of the information object define it by the differential equations having the high yeah orders is important to research the complicated automation objects.

References:

1. European Commission, Directorate-General for Communication, Leyen, U. (2019) A Union that strives for more : my agenda for Europe : political guidelines for the next European Commission 2019-2024. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2775/018127>.
2. European Commission: Directorate-General for Communication and Leyen, U., Europe's choice – Political guidelines for the next European Commission 2024–2029, Publications Office of the European Union, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2775/260104>.
3. Mamalis, A.G., Nevliudov, I., & Romashov Yu. (2021). An approach for numerical simulating and processing of measured electrical signals from board sensors installed on wheeled electro-mechanical platforms, Journal of Instrumentation, 2021, vol. 16(10), Article ID P10006. <https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/10/P10006>.
4. Nevliudov, I., Ratushnyi, O., & Romashov Yu. (2023). Development of General Approaches for Mathematical Modelling of Heat Exchangers as Automation Objects // Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: Proceedings of VIIst International Conference, Kharkiv, October 19-20, 2023: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2023. - 163 p. - pp. 153-157.
5. Narozhnyi, O., & Romashov, Y. Technical State Estimation for Electromechanical Wheeled Platforms with Parametric Identification Using // Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: Proceedings of VIIst International Conference, Kharkiv, October 19-20, 2023: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2023. - 163 p. - pp. 99-103.

DIGITALISATED MEASUREMENTS FOR PARAMETRIC IDENTIFICATION TO ESTIMATE THE CURRENT TECHNICAL STATE OF AUTOMATION OBJECTS

Vladyslav Momot, Yurii Romashov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: vladyslav.momot@nure.ua, yurii.romashov@nure.ua

Annotation: This research is about the implementation of the digitalised measurements for making the parametric identification to estimate the current technical state of automation object. It is shown, that only the digitalised measurements allow to provide the estimations of the current technical state of automation object through their parametric identification due to the consideration of the transient modes associated with the derivatives of the controlled parameters.

Key words: Technical state, parametric identification, automation object, mathematical modelling, measurements, analog to digital converter, time discretisation interval.

The energy and resource efficiency during the exploitation of the automation objects are defined by their technical state, which is changed during the time. So, the reliable approaches to estimate the current technical state of automation objects are important for the supporting of the green and digital transitions, whose are the primary priorities of the European Union development [1, 2]. The relevance of this research is due to the agreement with the trends in digitalisation of the products to provide the estimations of their current state for the achievement of the exploitation efficiency.

The modern approaches for the technical diagnostic are based on the usage of digital to analog conversions of the measured signals with the following computer analysis of the data by using the different mathematical models and numerical methods, as it is discussed in the research [3]. as an example. This research is the continuation of the previous studies [4] about the technical diagnostics of the electromechanical platforms through the parametric identification, but it is related with the relatively independent problems about the techniques for the parametric identification and their possibilities.

The technical state of the automation object is defined by the finite set of some parameters [4]:

$$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N, \quad (1)$$

where N and $\alpha_k, k=1,2,\dots,N$ are the count of the parameters defining the technical state of the automation object and these parameters themselves.

The senses of the parameter (1) can be different, so that they are related with the particularities of the considered automation object. From other side, the automation object can be defined by the linearised differential equation relating the controlling and controlled parameters and having the following general view [4]:

$$a_n \frac{d^n x}{dt^n} + \dots + a_1 \frac{dx}{dt} + a_0 x = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + \dots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u, \quad (2)$$

where $x = x(t)$ and $u = u(t)$ are the controlled and controlling parameters of the considered automation object, whose are the function of the time t ; n and m are the counts of the variables of the controlled and controlling parameters involved in the differential equation representing the mathematical model of the considered automation object; $a_k, k=1,2,\dots,n$ and $b_k, k=1,2,\dots,m$ are the parameters of the mathematical model representing the considered automation object.

In the mathematical model (2), it is assumed, that the considered automation object is defined only by one controlled parameter and one controlling parameter, to exclude the not necessary complications in the case of several counts of the controlled and controlling parameters requiring the related vectorisation. The parametric identification problem for the automation object represented by means the linear ordinary differential equation (2) can be imagined as the mapping:

$$u(t), x(t) \xrightarrow{P} a_n, \dots, a_1, a_0, b_m, \dots, b_1, b_0, \quad (3)$$

where P is the method of the parametric identification.

The parameters of the mathematical model (3) are defined by the constitution of the automation object and by their characteristics, so these parameters can be represented through the parameters (1) defining the technical state of the automation object:

$$a_k = a_k(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N), \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad b_k = b_k(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N), \quad k = 1, 2, \dots, m, \quad (4)$$

where $a_k(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)$, $k = 1, 2, \dots, n$ and $b_k(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)$, $k = 1, 2, \dots, m$ are some given relations.

The idea is to estimate the parameters (1) defining the technical state of the automation object through the parameters defining the mathematical model (2) of this automation object by means the relations (4), so that the technical diagnostic is reduced to the consequences of the mappings

$$u(t), x(t) \xrightarrow{P} a_n, \dots, a_1, a_0, b_m, \dots, b_1, b_0 \xrightarrow{D} \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N, \quad (5)$$

where D is the method allowing to define the parameters $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$ through the parameters $a_k, k = 1, 2, \dots, n$ and $b_k, k = 1, 2, \dots, m$ by means the relations (4).

The principal difficulties of such approach is having the data about the controlled and controlling parameters, and to overcome it, the digitisation of the related signal is proposed to the usage:

$$t_1 = 0, t_{k+1} = t_k + \Delta t, u_k = u(t_k), x_k = x(t_k), \quad k = 1, 2, \dots, N_t. \quad (6)$$

where Δt and N_t are the time discretisation interval and the count of these intervals.

The digitalisation (6) of the measured signals allows to reduce the technical diagnostic problem (5) to the more suitable view:

$$t_k, u_k, x_k, \quad k = 1, 2, \dots, N_t \xrightarrow{P_{\Delta t}} a_n, \dots, a_1, a_0, b_m, \dots, b_1, b_0 \xrightarrow{D} \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N. \quad (7)$$

where $P_{\Delta t}$ is the method of the parametric identification by means the discrete data of the measured signals.

Although, the approach (7) is clear for the implementation, but it is necessary to research the influence of the value of the time discretisation interval on the results of the parametric identification by means the method $P_{\Delta t}$, because such influences are on the results of the technical diagnostic also.

CONCLUSIONS. The digitalisation of the measurements of the signals representing the controlled and controlling parameters of the automation object allows to use the result of the parametric identification to estimate the current technical state of this automation object. At the same time, the value of the time discretisation interval has the influences on the results of such technical diagnostic, and this value must be substantiated for the used method of the parametric identification.

References:

1. European Commission, Directorate-General for Communication, Leyen, U. (2019) A Union that strives for more : my agenda for Europe : political guidelines for the next European Commission 2019-2024. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2775/018127>.
2. European Commission: Directorate-General for Communication and Leyen, U., Europe's choice – Political guidelines for the next European Commission 2024–2029, Publications Office of the European Union, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2775/260104>.
3. Huang, W., Li, Z., Ding, X., He, D., Wu, Q., & Liu, J. (2024). Digital-analog driven multi-scale transfer for smart bearing fault diagnosis, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2024, Volume 137, Part B, Article ID 109186. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109186>.
5. Narozhnyi, O., & Romashov, Y. Technical State Estimation for Electromechanical Wheeled Platforms with Parametric Identification Using // *Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: Proceedings of VIIst International Conference*, Kharkiv, October 19-20, 2023: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] - Kharkiv : [electronic version], 2023. - 163 p. - pp. 99-103.

IMPROVED PARAMETRIC IDENTIFICATION FOR THE LINEAR AUTOMATION OBJECTS BASED ON THE DIGITALISED MEASUREMENTS

Vladyslav Onyshchenko, Yurii Romashov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: vladyslav.onyshchenko@nure.ua, yurii.romashov@nure.ua

Annotation: This research deals with the development of the procedures for the improved parametric identification of the linear automation objects on the basis of the usage of the digitalised data of the measurements. It is shown, that the usage of the digitalised measured data requires the relevant procedures for the parametric identification of the automation object, and such procedures must involve the regularization excluding the computations of the derivatives.

Key words: Digitalised signals, parametric identification, automation object, mathematical modelling, finite differences, regularization, time discretisation interval.

The improved parametric identification is significantly required to provide the energy and resource efficiency of the exploitation of the automation objects on the different operating modes, and only the digitalised measurements can provide it. Due to these circumstances, the development of the improvement procedures for the parametric identification based on the digitalised measured data is relevant with the green end digital transitions, whose are the primary priorities of the development of European Union, as it is highlighted in the political guidelines [1, 2]. So, the theme of this research is relevant due to the agreement with the modern trends related with the ambitions in the green and digital transitions.

The development of the procedures for the parametric identification is permanently relevant due to the continuous improvement of the products, and the research [3] can be as one of examples of this. In the research [4] it is shown, that the improvement of the parametric identification procedures allows to improve the opportunities of the instrumental measurements due to the possibilities of the estimations of the magnitudes, whose cannot be measured directly in principle. In the research [5] it is shown, that the parametric identification allows to make the continuous technical diagnostics of the automation objects. Nevertheless, to use the improved opportunity of the parametric identification, it is necessary to use the related improved mathematical model represented by the higher ordered ordinary differential equations, but the parametric identification of such complicated mathematical models has some difficulties, if the measured signals are represented in the discrete form. Such difficulties are due to the incorrectness of the computations of the derivatives for the data with the even very small disturbances. So, the purposes of this research are in the development of the improved parametric identification of the linear automation objects taking into account the usage of the digitalised measured data.

So, mathematical model of the linear automation object is represented in general by means the higher ordered ordinary differential equation. If the measured signals are presented in the discrete form, then to apply the procedure of the parametric identification, the differential equation representing the mathematical model of the considered automation object must be equivalently transformed to the related discrete form, and the finite differences technique must be used to do it. At the same time, the usage of the finite differences formulas is significantly depended on the order of the considered differential equation. Besides, it is possible to use a lot of different finite differences formulas for discretization of the considered or generate differential equation. Taking into account all these circumstances, it is necessary to research, what kinds of the finite difference formulas are the most suitable for the discretisation of the ordinary differential equation to make the parametric identification procedure, and it is necessary to research the possibility of the uniform way to use the finite differences formulas for discretisation of the ordinary differential equation having the different orders. To do all these, it is necessary to consider the particular examples of the automation objects representing by means the linear ordinary differential equations having the second and higher orders. Because of the low experience of the parametric identification for the automation objects representing by the higher order linear differential equations, it is

necessary to begin researches from the relatively simple example about the automation object represented by means the second order linear differential equation. Such equation allows to research the general principles of the usage of the finite differences for the transforming of the linear ordinary differential equation to the discrete form. Indeed, to complete second derivatives it is possible to use a lot of different finite difference formulas, whose can have the different interactions with the finite difference formulas defining first derivatives also presented in the differential equation of second order. Such consideration allows to find the most suitable finite difference formulas for the equivalent transforming of the differential equation having second and higher orders to the discrete form.

The calculation of the derivatives has the inherent incorrectness so that that even the small disturbances of the input data lead to the theoretically infinite disturbances of the results. Such incorrectness has the significant influences on the results of the parametric identification made on the digitalised data of the measurements. So, it is necessary to research the suitable regularization procedures, and one possible way is in permutation of the items involved in the finite difference formulas used to calculate the different variables to transform the linear differential equation to the discrete form. The different ways to do such permutations are possible, but it is necessary to propose the most suitable way to do it for the linear differential equations having the different orders. It is the difficult complex problem, because of the way of permutation of the items for the regularization is related significantly with the finite difference formulas used for the equivalent transforming of the linear original differential equation to the discrete form related with the digitalised measured data for making the parametric identification of the considered automation object.

CONCLUSIONS. The improvement of the parametric identification procedures for the automation objects requires of the development of the suitable finite difference formulas taking into account the necessity of the uniform applications for the differential equations having the different orders, and taking into accounts the necessity of the regularization through the permutation of the items in the differential equations represented in the discrete form.

References:

1. European Commission, Directorate-General for Communication, Leyen, U. (2019) A Union that strives for more : my agenda for Europe : political guidelines for the next European Commission 2019-2024. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2775/018127>.
2. European Commission: Directorate-General for Communication and Leyen, U., Europe's choice – Political guidelines for the next European Commission 2024–2029, Publications Office of the European Union, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2775/260104>.
3. Tronci, E.M., De Angelis, M., Betti, R., & Altomare, V. (2022). Multi-stage semi-automated methodology for modal parameters estimation adopting parametric system identification algorithms, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2022, Volume 165, Article ID 108317. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.108317>.
4. Mamalis, A.G., Nevliudov, I., & Romashov Yu. (2021). An approach for numerical simulating and processing of measured electrical signals from board sensors installed on wheeled electro-mechanical platforms, *Journal of Instrumentation*, 2021, vol. 16(10), Article ID P10006. <https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/10/P10006>.
5. Narozhnyi, O., & Romashov, Y. Technical State Estimation for Electromechanical Wheeled Platforms with Parametric Identification Using // *Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: Proceedings of VIIst International Conference*, Kharkiv, October 19-20, 2023: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] - Kharkiv : [electronic version], 2023. - 163 p. - pp. 99-103.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДИНАМІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Самойленко Г.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: hanna.kostrova@nure.ua

Annotation: У цій статті розглядаються сучасні методи представлення динамічного середовища для мобільних роботів. Зокрема, аналізуються такі методи, як ґрид-орієнтовані підходи, топологічні методи з використанням діаграм Вороного та підходи на основі навчання з підкріпленням, зокрема Q-навчання.

Key words: мобільні роботи, динамічне середовище, ґрид-орієнтоване середовище.

Однією з ключових проблем робототехніки є завдання орієнтації та навігації мобільних роботів (МР) у середовищі, що постійно змінюється. Зі збільшенням складності робочих умов, зростає необхідність у ефективних методах представлення динамічного простору. Сьогодні від роботів вимагається не тільки фіксувати позиції статичних об'єктів, а й реагувати на рухомі перешкоди для ефективної співпраці з людиною. Це є вимогою для створення моделей середовища, що здатні відображати та прогнозувати його зміни.

Найрозповсюдженішим методом моделювання середовища є метод сітки або ґрид-орієнтований метод. Сітки використовуються для представлення робочого простору МР у вигляді рівних квадратних клітинок. Кожна комірка або прохідна, тобто логічний 0, або закрита перешкодою, тобто логічна 1, як показано на рисунку 1. Кожна комірка ідентифікується унікальним номером, який називається «адресою» [1]. Зазвичай розмір сітки визначається відповідно до фактичного розміру робота. Якщо розмір сітки невеликий, то модель середовища буде дуже чіткою, а заплановані шляхи безпечними. Однак це займатиме багато місця для зберігання в системі, а також генеруватиме більше сигналів перешкод, що призведе до тривалого планування шляху. Якщо розмір сітки більший, планування шляху займає менше часу, але якщо інформація про середовище розмита, це не сприяє плануванню шляху. Метод сітки характеризується простотою та легкістю впровадження, а також легким розширенням до 3D-середовищ. Однак він має певні вимоги до розміру робочої зони. Якщо область занадто велика, кількість сіток різко збільшиться, і виникає проблема комбінаторного вибуху під час пошуку шляху [2].

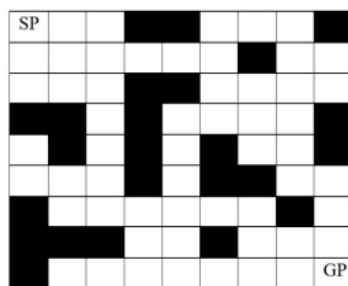


Рисунок 1 – Ґрид-орієнтоване середовище

Топологічний метод – це метод моделювання навколишнього середовища, основна ідея якого полягає у використанні вузлів для представлення певного розташування та ребер для представлення з'єднання цих місць, яке можна виразити як $G = (V, E)$ для характеристики вільного простору, де V позначає множину вершин та E позначає набір ребер, що з'єднують вершини. Діаграма Вороного зазвичай використовується для представлення скелета можливої області середовища. Основна ідея цього методу полягає в тому, щоб створити межі Вороного з моделі середовища, яка має однакову найкоротшу відстань до кожної перешкоди, і сформулювати вершини графа на стику ребер. Діаграми Вороного спочатку застосовувалися для дослідження проблеми близькості точок на площині. Проблема близькості означає, що якщо на даній площині є певні

точки та розділити площину відповідно до цих точок, то будь-яке місце в області буде ближче до центральної точки, ніж до інших центральних точок (рис. 2). Планування шляху топологічним методом є ефективним, але воно вимагає мало місця для зберігання, тому воно підходить для додатків у великомасштабних середовищах. Однак топологічні карти складніше створювати та підтримувати, і вони схильні до плутанини, коли в середовищі існують два подібні місця.

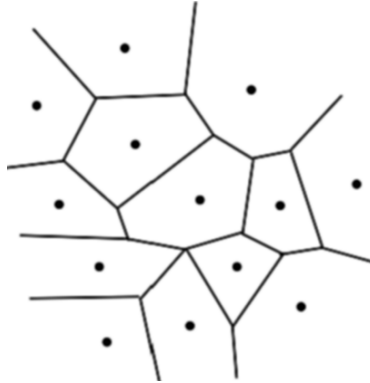


Рисунок 2 – Діаграма Вороного

Використання навчання з підкріпленням (НП) для алгоритмів динамічного уникнення перешкод і планування шляху стає все більш популярним в останні роки. Цей метод застосовується до МР, що дозволяє їм навчатися та розвиватися до нових просторів і завдань. Алгоритм НП навчається, взаємодіючи з навколишнім середовищем, і поведінка робота змінюється у відповідь на зворотний зв'язок від його навколишнього середовища. Це дозволяє роботу вчитися на своїх помилках, щоб з часом покращуватись. МР використовують відомий алгоритм навчання з підкріпленням Q-навчання, щоб знайти найкращі стратегії для виконання завдань. Вибираючи дії, які максимізують очікувані майбутні винагороди, робот вчиться орієнтуватися в навколишньому середовищі. Найефективнішою дією є та, яка з усіх потенційних дій має найвище значення Q. Щоб визначити найкращий спосіб дій, агент використовує найбільші очікувані значення Q під час процесу навчання. Q-навчання поєднує навчання часових різниць із такими теоріями, як рівняння Беллмана та процес прийняття рішень Маркова. Агенти можуть навчитися найкраще поводитися в регульованих марковських доменах. . Одноетапне Q-навчання, яке є його формою, визначає рівняння:

$$Q(s, a) = (1-\alpha)Q(s, a) + \alpha(r + \gamma \max_{a'}(Q(s', a')))$$

$Q(s, a)$ оцінює значення дії після застосування дії в стані s , де r — негайна отримана винагорода, γ — коефіцієнт дисконтування, а α — швидкість навчання [3].

References:

1. AJEIL, Fatin Hassan, et al. Grid-based mobile robot path planning using aging-based ant colony optimization algorithm in static and dynamic environments. *Sensors*, 2020, 20.7: 1880.
2. LIU, Lixing, et al. Path planning techniques for mobile robots: Review and prospect. *Expert Systems with Applications*, 2023, 227: 120254.
3. ALMAZROUEI, Khawla; KAMEL, Ibrahim; RABIE, Tamer. Dynamic obstacle avoidance and path planning through reinforcement learning. *Applied Sciences*, 2023, 13.14: 8174.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРІВ 3D ДРУКУ НА МІЦНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ

Чернов К.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: kyryl.chernov@nure.ua

Анотація: У цій роботі було наголошено на важливості аналізу міцності деталей, надрукованих за допомогою технології FDM 3D-друку при створенні виробів. Було проведено аналіз залежності міцності деталей в залежності від таких параметрів як “Кількість ліній стінки” та “Щільність заповнення”.

Ключові слова: 3D-друк, FDM, CoPET

Актуальність дослідження залежності параметрів 3D друку на міцність деталей зумовлена сучасними викликами, зокрема війною в Україні, яка поставила на перший план потребу у надійних, стійких матеріалах, які можуть бути швидко надруковані на 3D принтері[1]. Міцність надрукованих деталей є критично важливою як для військових застосувань, зокрема виготовлення обладнання, захисних елементів і запчастин, так і для цивільних об'єктів, що забезпечують безпеку та стійкість інфраструктури. В умовах обмежених ресурсів та необхідності швидкого виробництва дослідження впливу параметрів друку на міцність дозволить оптимізувати процес та досягти високої якості продукції.

В ході експерименту ми звужимо область дослідження та будемо розглядати тільки FDM друк, як один з найпопулярніших, та CoPET пластик у якості матеріалу так як він широко застосовується в промисловості при виробництві методом лиття під тиском. За рахунок високої прозорості і нетоксичності, з них виробляють харчову тару, вироби медичного призначення, пластикові пляшки для води і т.д.[2].

Для дослідження було спроектовано та виготовлено стенд для перевірки (рис. 1). Зверху на стенд було закріплено деталі для тестування, виготовлені на 3D принтері з CoPET пластику. В кожній на кожну деталь закріплювалася статична вага та вимірювалася міцності за допомогою тензорезистора.

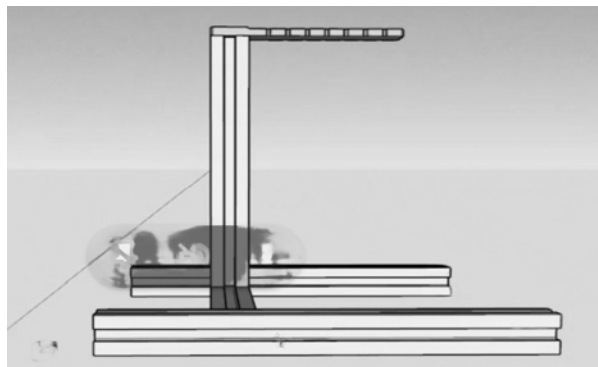


Рисунок 1 – Макет стенда для тестування міцності

Деталь (рис. 2) була спроектована таким чином, щоб в подальшому можна було закріпити вагу на різну відстань від кріплення до стенду. Під час експерименту було обрано два параметри, які змінювалися при побудові тестової деталі. Це “Кількість ліній стінки” (2 4 та 6) та “Щільність заповнення” (діапазон 10-100 з кроком 10).

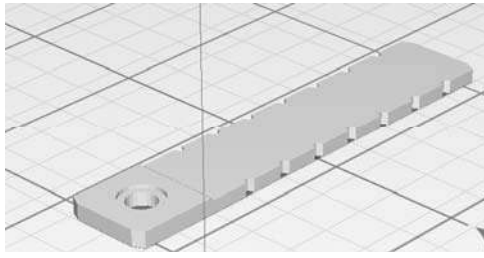


Рисунок 2 – Деталь, що буде тестуватися

Після проведення експерименту були отримані наступні результати (рис. 3). Як і очікувалося міцність зростає з збільшенням параметру заповнення стінки та зі збільшенням кількості самих стінок. З цікавого можна відмітити те, що міцність деталі з меншою кількістю стінок може бути більше, ніж у деталі з більшою кількістю стінок при певних параметрах заповнення стінки.

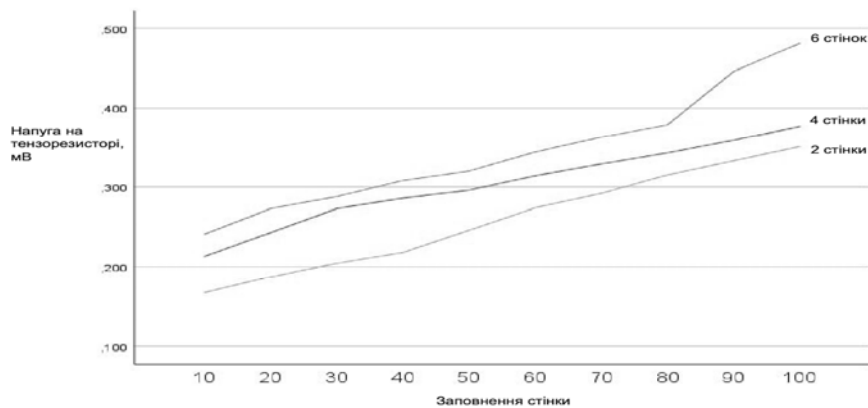


Рисунок 3 – Результати експерименту

Також варто відмітити те, що напруга на тензорезисторі зростає не лінійно зі зростанням заповнення стінки, що може стати приводом для аналізу цього параметру, та виявлення оптимальних параметрів для конкретних потреб.

ВИСНОВКИ. У роботі було експериментально показано, що аналіз параметрів друку є перспективним напрямком, оскільки дозволяє досягати однакової міцності деталей при значних відмінностях у параметрах друку. Це відкриває можливості для оптимізації виробничого процесу, адже деталі з різними параметрами вимагають різної кількості матеріалу та часу для друку. Такий підхід дозволяє зменшити витрати матеріалів та скоротити час виготовлення без втрати якості та міцності виробів, що є особливо важливим у сучасних умовах, коли ресурси та швидкість виробництва мають вирішальне значення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Армія друкарів: як Україна застосовує 3D-технології у війні. (2023). DW:<https://www.dw.com/uk/armia-drukariv-ak-ukraina-zastosovue-3dtehnologii-u-vijni/a-67165996>.
2. Специфічний 3D пластик: Nylon, PET/COPEL, PC (полікарбонат). (2023). 3DDevice:https://3ddvice.com.ua/blog/3d-printer-ogliad/spetsyfichnyy-3d-plastyk/?srsltid=AfmBOoqf9At_QKeYd0ILsR_RdsS-n0aO860PYnJI7o5zMYwbl5y44Fzk.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ WMS ТА WCS ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДСЬКИХ ОПЕРАЦІЙ

Андрій Слюсар, Софія Хрустальова

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: andrii.sliusar@nure.ua, sofya.yakubovska@nure.ua

Анотація: Стаття присвячена порівнянню систем управління складськими процесами (WMS) та конвеєрними лініями (WCS). Аналізуються основні функції, відмінності та особливості застосування кожної системи для оптимізації логістичних процесів. Визначено ситуації, у яких краще використовувати WMS або WCS, а також можливість їх комбінованого застосування.

Ключові слова: WMS, WCS, автоматизація складу, логістика, управління.

У сучасних умовах автоматизація складу є важливим аспектом ефективного управління логістичними операціями. Хоча системи WMS і WCS можуть здаватися схожими за функціями, вони виконують різні ролі в оптимізації складських процесів. Система управління складом (Warehouse Management System, WMS) забезпечує комплексне управління товарними запасами та процесами на складі, тоді як система управління конвеєром (Warehouse Control System, WCS) фокусується на контролі автоматизованого обладнання, наприклад конвеєрів та роботизованих систем [1].

Це дослідження спрямоване на розуміння відмінностей між WMS і WCS, визначення їх переваг та недоліків і рекомендації щодо оптимального вибору для логістичних підприємств.

Завданнями роботи є порівняння WMS та WCS, а саме:

1. Аналіз функціональних відмінностей між WMS і WCS.
2. Визначення їх придатності для різних типів складів.
3. Надання рекомендацій щодо вибору та комбінованого використання цих систем.

WMS є комплексним програмним забезпеченням для управління та оптимізації складських операцій, таких як контроль запасів, управління робочими ресурсами, виконання замовлень і інтеграція з ERP-системами. Вона дозволяє ефективно керувати запасами, виконувати поповнення товарів та розміщення на складі, що сприяє підвищенню продуктивності складу [2].

WCS виконує роль посередника між WMS та обладнанням складу (конвеєрами, роботизованими системами тощо). Її основні функції включають управління автоматизованим обладнанням, контроль роботи конвеєрних систем у реальному часі та оптимізацію роботи машин, що є особливо важливим для високотехнологічних складів з інтенсивною автоматизацією [3].

Відмінності між WMS та WCS за основними параметрами наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні відмінності між WMS та WCS

Критерій	WMS	WCS
Операційний обсяг	Підтримує декілька складів та центрів розподілу, забезпечуючи централізоване управління запасами	Переважно використовується для одного складу з високою автоматизацією
Фокус на автоматизацію	Управління запасами та процесами, підтримує обмежену автоматизацію	Управління обладнанням, оптимізація використання конвеєрів, роботів тощо
Реальний час	Дані про запаси оновлюються з невеликим часом затримки, що підходить для великих складів	Реальний час роботи з обладнанням для швидкої корекції роботи на складі
Інтеграція	Інтеграція з ERP-системами та іншими корпоративними платформами	Підключення до ПЛК та іншого автоматизованого обладнання

У результаті проведення порівняльного аналізу даних систем можна стверджувати, що використання WMS доцільне для великих підприємств із численними об'єктами, значними запасами та складськими операціями з обмеженою автоматизацією, де потрібна інтеграція з ERP-системами.

У свою чергу, використання WCS є оптимальним для високоавтоматизованих складів із високими вимогами до продуктивності обладнання та значним потоком товарів.

Але також можна стверджувати, що гібридний підхід, тобто поєднання WMS і WCS, дозволяє підвищити ефективність управління запасами та продуктивність обладнання, що є оптимальним рішенням для сучасних логістичних центрів.

ВИСНОВКИ. На основі проведеного аналізу встановлено, що WMS та WCS доповнюють одна одну в автоматизації складських операцій. WMS забезпечує централізоване управління запасами та обробкою замовлень, тоді як WCS спеціалізується на оптимізації роботи обладнання в реальному часі. Використання цих систем у поєднанні дозволяє максимально ефективно масштабувати складські операції.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку інтегрованих рішень, що об'єднують можливості обох систем для підвищення загальної ефективності логістичних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Andiyappillai, N. (2020). Factors influencing the successful implementation of the warehouse management system (WMS). *International Journal of Computer Applications*, 177(32), 21-25.
2. Хрустальова, С., & Слюсар, А. (2024). ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ЛОГІСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ СУЧАСНИХ ПІДПРИЄМСТВ. У *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті. Т. 2: Конференція "Автоматизовані системи та комп'ютеризовані технології радіоелектронного приладобудування"*. Press of the Kharkiv National University of Radioelectronics. <https://doi.org/10.30837/iyf.asctredb.2024.047>
3. Zotou, D., Papadam, S., Kargakos, A., Kostavelis, I., Bliantidou, M., Giakoumis, D., ... & Tzovaras, D. (2024, May). iWMS: A Warehouse Management System for a Goods-to-Person Warehouse Automation. In *Olympus International Conference on Supply Chains* (pp. 148-160). Cham: Springer Nature Switzerland.
4. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Baker, J. H., Ahmad, M. A., & Lyashenko, V. (2020). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.
5. Maksymova, S., Abu-Jassar, A., Gurin, D., & Yevsieiev, V. (2024). Comparative Analysis of methods for Predicting the Trajectory of Object Movement in a Collaborative Robot-Manipulator Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(10), 38-48.
6. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Remote Monitoring System of Patient Status in Social IoT Environments Using Amazon Web Services (AWS) Technologies and Smart Health Care. *International Journal of Crowd Science*.
7. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2024). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*.
8. Невлюдов, І. Ш., & et al. (2024). BEAM робототехніка. Кривий Ріг : Видавець Чернявський Д. О., 276 с., ISBN 978-617-8045-79-1
9. Stetsenko, K., & et al. (2023). Exploring BEAM Robotics for Adaptive and Energy-Efficient Solutions. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(4), 193-199.
10. Проектування мобільних маніпуляційних роботів : монографія / І. Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, В. В. Євсєєв та ін. ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2022. – 427 с.

СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ. ОГЛЯД

Катерина Німець, Світлана Максимова

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: katernina.nimets@nure.ua, svitlana.milyutina@nure.ua

Анотація: В даній роботі наводиться огляд основних завдань систем комп'ютерного зору. Розглянуто приклади таких систем. Наводяться найпоширеніші завдання таких систем, а також їхня класифікація. Розглянуто такі завдання: розпізнавання образів, оцінка пози, відстеження об'єктів, розпізнавання облич.

Ключові слова: Робот, Комп'ютерний зір, розпізнавання, відстеження об'єктів, оцінка пози.

Комп'ютерний зір як науковий напрямок досліджує теорію та методи створення штучних систем, здатних отримувати інформацію у вигляді зображень. Відеоінформація може бути представлена у різних форматах, включаючи відеопотоки, зображення з декількох камер або тривимірні дані, отримані, наприклад, з медичних сканерів. Як інженерна галузь, комп'ютерний зір прагне застосувати ці теоретичні основи та моделі для розробки систем з автоматичною обробкою візуальної інформації. Прикладами таких систем є:

- системи управління процесами (промислові роботи, автономні транспортні засоби);
- системи відеоспостереження;
- системи організації інформації (наприклад, індексація баз даних зображень);
- системи моделювання об'єктів або навколишнього середовища (аналіз медичних зображень, топографічне моделювання);
- системи взаємодії (пристрої введення для систем людино-машинної взаємодії).

Комп'ютерний зір можна розглядати як доповнення, а не протиставлення біологічному зору. У біології досліджується зорове сприйняття людей і різних тварин, з подальшим моделюванням роботи цих систем через фізіологічні процеси. У той же час комп'ютерний зір аналізує та описує апаратні чи програмні системи, призначені для обробки візуальної інформації. Співпраця між біологічним і комп'ютерним зором виявилася продуктивною для обох наукових дисциплін.

Найпоширеніші завдання можна розділити на 3 групи. Кожна група має набір завдань, які дотримуються певної парадигми. Наприклад, будь-яке завдання на класифікацію означає присвоєння певного ярлика певному об'єкту (це може бути ціле зображення, об'єкт на малюнку тощо). Ось такі групи і відповідні їм конкретні завдання:

- 1) Класифікація – присвоєння певної мітки певному об'єкту:
 - 1.1) Класифікація зображень;
 - 1.2) Тегування зображень;
 - 1.3) Прогнозування атрибутів.
- 2) Виявлення – виявлення та класифікація певного об'єкта:
 - 2.1) Виявлення об'єктів.
- 3) Сегментація - поділ зображення на окремі частини або ділянки:
 - 3.1) Семантична сегментація;
 - 3.2) Сегментація екземплярів;
 - 3.3) Паноптична сегментація.

Розпізнавання образів полягає у класифікації вхідних даних шляхом виокремлення ключових ознак, які відрізняють ці дані від несуттєвих елементів. При постановці задач розпізнавання прагнуть використовувати математичний апарат, що дозволяє замінити експериментальні підходи, які є характерними для теорії штучних нейронних мереж, на логічні міркування та математичні докази. Задача ідентифікації полягає у виборі конкретного об'єкта з-поміж схожих йому об'єктів [1-3].

Оцінка пози є завданням візуального штучного інтелекту, що полягає у визначенні просторового положення та орієнтації об'єктів або людських тіл на основі візуальних даних. Цей

процес включає оцінювання положення і орієнтації певних ключових точок на об'єкті або тілі людини.

Відстеження об'єктів — це безперервне завдання комп'ютерного зору, метою якого є відстеження певного об'єкта або кількох об'єктів у послідовності кадрів, наприклад, на відеоплівці. Кінцевою метою будь-якого алгоритму відстеження об'єктів є виявлення необхідних об'єктів і стеження за ними, коли вони рухаються та зазнають змін зовнішнього вигляду чи пози [4,5].

Розпізнавання облич є завданням комп'ютерного зору, спрямованим на ідентифікацію або верифікацію особи на основі характерних ознак її обличчя. Це досягається шляхом виділення ключових рис обличчя та їх порівняння з базою даних відомих осіб. Технологія розпізнавання облич широко застосовується для цілей ідентифікації та автентифікації. Одним із найвідоміших прикладів цієї технології є система Face ID від компанії Apple. Технологія розпізнавання облич базується на алгоритмах машинного навчання і глибокого навчання, які аналізують обличчя, визначаючи ключові ознаки, такі як відстань між очима, форма носа та рота, контури обличчя тощо. Ці ознаки потім порівнюються з базами даних для ідентифікації або верифікації особи.

ВИСНОВКИ. Проведено огляд систем комп'ютерного зору. В процесі аналізу з'ясовано, що існує низка задач, які розв'язують такі системи. Серед них необхідно виділити оцінку пози, розпізнавання об'єктів, відстеження об'єктів, а також розпізнавання облич. Це надзвичайно перспективна галузь для досліджень, результати яких можуть бути впроваджені у різні галузі і не лише науки, а і побутового та соціального життя.

References:

1. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
2. Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalailah, A. (2024). MobileNetv2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 5-12.
3. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In *2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)* PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906
4. Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Demska, N. (2024). Using Contouring Algorithms to Select Objects in the Robots' Workspace. *Technical science research in Uzbekistan*, 2(2), 32–42.
5. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., & Maksymova, S. (2024). Object Recognition and Tracking Method in the Mobile Robot's Workspace in Real Time. *Technical science research in Uzbekistan*, 2(2), 115-124.
6. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 304
7. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Khosravi, M. R. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 9140156.
8. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Baker, J. H., Ahmad, M. A., & Lyashenko, V. (2020). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.
9. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic user authentication key for access to HMI/SCADA via unsecured internet networks. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 5866922

ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТКОВО СПОСТЕРЕЖУВАНОЇ МАРКОВСЬКОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛЮДИНИ В РОБОЧІЙ ЗОНІ КОЛАБОРАТИВНОГО РОБОТА

Віталій Тетеря, Світлана Максимова

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: vitalii.teteria@nure.ua, svitlana.milyutina@nure.ua

Анотація: В роботі проводиться аналіз можливості використання частково спостережуваної Марківської моделі для реалізації системи ідентифікації людини в робочій зоні колаборативного робота. Детально розглянуто основні переваги використання даного методу для рішення поставленої задачі

Ключові слова: Індустрія 5.0, робот, Марківська модель, колаборативний робот, ідентифікація, розпізнавання.

При розробці структури системи ідентифікації людини в робочій зоні колаборативного робота важливо врахувати кілька ключових аспектів. По-перше, необхідно забезпечити точність та надійність ідентифікації людини в умовах різного освітлення та змінної середовищної обстановки. Це включає використання сучасних моделей машинного навчання, для розпізнавання та класифікації об'єктів у реальному часі. Важливо також інтегрувати алгоритми трекінгу, для відстеження руху людини після її ідентифікації, що дозволяє забезпечити стійкість системи до змін у положенні та орієнтації об'єкта.

Окрім цього, система повинна бути адаптована до швидких змін у середовищі, тому важливо використовувати ефективні алгоритми обробки відео та зображень, які здатні оперативно реагувати на зміни. Система має також враховувати можливі перешкоди або інші об'єкти в зоні спостереження, які можуть впливати на точність розпізнавання. Для цього важливо забезпечити належну якість даних, яка включає правильне налаштування камери та оптимізацію алгоритмів обробки.

Використання частково спостережуваної Марковської моделі (НММ) для реалізації системи ідентифікації знаходження людини в робочій зоні колаборативного робота є доцільним в рамках концепцій Індустрії 5.0, яка орієнтована на інтеграцію людини та технологій для створення розумних, адаптивних і безпечних робочих середовищ. Однією з основних цілей

Індустрії 5.0 є підвищення взаємодії між людьми та роботами, забезпечення безпеки та комфорту для працівників, а також покращення ефективності виробничих процесів. У цьому контексті НММ надає потужний інструмент для моделювання та прогнозування поведінки людини на основі неповних і шумних даних, отриманих з систем комп'ютерного зору. НММ дозволяє враховувати ймовірності переходу між станами, що представляють різні положення людини, і ймовірності отримання конкретних спостережень від системи комп'ютерного зору, навіть коли спостереження є частково точними або зашумленими. Це є критично важливим для забезпечення точного та надійного моніторингу місцезнаходження людини в робочій зоні, що, в свою чергу, знижує ризики аварій та підвищує загальну безпеку. Крім того, НММ є достатньо гнучкою моделлю, що дозволяє легко адаптуватися до різних робочих умов і типів обладнання. Це сприяє створенню універсальних рішень, які можуть бути застосовані в різних галузях промисловості, від виробництва до логістики. Важливо також те, що використання НММ сприяє впровадженню принципів персоналізації, які є ключовими в Індустрії 5.0, дозволяючи адаптувати робочі процеси під конкретні потреби та поведінку працівників.

Застосування НММ в системах ідентифікації також сприяє покращенню взаємодії між людиною та роботом, підвищуючи рівень розуміння та прогнозування дій людини. Це дозволяє роботам краще реагувати на зміни в робочій зоні, більш ефективно підтримувати та допомагати працівникам, що значно підвищує продуктивність та задоволеність роботою.

Узагальнюючи, використання частково спостережуваної Марковської моделі для системи

ідентифікації знаходження людини в робочій зоні колаборативного робота є виправданим і перспективним вибором в рамках концепцій Індустрії 5.0. Це дозволяє створити безпечні, ефективні та адаптивні робочі середовища, які підвищують рівень взаємодії між людиною та технологіями, сприяючи загальному розвитку індустріальних процесів.

Виходячи з мети даного дослідження будемо розглядати наступний підхід до вирішення поставленого завдання, частково спостережувана Марковська модель (НММ) буде виступати ефективним інструментом для моделювання систем, де стан не можна безпосередньо спостерігати, але можна спостерігати виходи, залежні від стану. У випадку ідентифікації місцезнаходження людини в робочій зоні колаборативного робота, стан системи представляє місце розташування людини, а спостереження – це дані, отримані з системи комп'ютерного зору.

ВИСНОВКИ. В запропонованій роботі проведено аналіз використання частково спостережуваної Марківської моделі для імплементації системи ідентифікації людини в робочій зоні колаборативного робота. Проаналізовано основні переваги, які несе в собі така модель у відповідності до концепції Індустрії 5.0.

References:

1. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
2. Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalaileh, A. (2024). MobileNetv2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 5-12.
3. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906
4. Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Demska, N. (2024). Using Contouring Algorithms to Select Objects in the Robots' Workspace. *Technical science research in Uzbekistan*, 2(2), 32–42.
5. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., & Maksymova, S. (2024). Object Recognition and Tracking Method in the Mobile Robot's Workspace in Real Time. *Technical science research in Uzbekistan*, 2(2), 115-124.
6. Maksymova, S., Abu-Jassar, A., Gurin, D., & Yevsieiev, V. (2024). Comparative Analysis of methods for Predicting the Trajectory of Object Movement in a Collaborative Robot-Manipulator Working Area. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(10), 38-48.
7. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.
8. Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Abu-Jassar, A. (2024). Effect of Frame Processing Frequency on Object Identification Using MobileNetV2 Neural Network for a Mobile Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 36-44.
9. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 304
10. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Khosravi, M. R. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 9140156.
11. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Baker, J. H., Ahmad, M. A., & Lyashenko, V. (2020). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems. *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ RSSI ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНУВАННЯ РАДІОТРАКТУ ПРИСТРОЇВ ІОТ

О. О. Гуртовий¹, В. М. Березний²

¹Харківський національний університет радіоелектроніки

²Український державний університет залізничного транспорту

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: oleh.hurtovyi@nure.ua, softmirrors1@gmail.com

Анотація: В цій доповіді доведено важливість контролю якості виготовлення радіотракту бездротових сенсорів IoT, наведено порівняльний аналіз методів виробничого контролю та обґрунтовано вибір методу вимірювання рівня сигналу, що приймається (RSSI). Розглянути переваги та недоліки даного методу перевірки та зроблено висновок щодо необхідних шляхів вдосконалення.

Ключові слова: RSSI, бездротовий інтерфейс, функціональний контроль, радіотракт.

У сучасному світі IoT-пристрої набувають дедалі більшого поширення. Згідно з прогнозами очікується, що до 2025 року загальна кількість IoT-пристроїв у світі сягне 22 мільярдів штук [1]. Значну частину цих пристроїв становитимуть бездротові датчики з вбудованим елементом живлення. Такі пристрої можуть являти собою як датчики/перетворювачі вимірюваної фізичної величини (температури, вологості, концентрації газів і т. п.), реєстратори (логгери), так і різні пристрої обліку енергоресурсів - лічильники-аллокатори тепла, лічильники споживання гарячої/холодної води, газу, електроенергії. Подібні пристрої випускаються масово, тому однією з ключових вимог до таких пристроїв є потреба зниження собівартості завдяки спрощенню конструкції та скороченню тривалості виробничого циклу. Перед виробниками радіоелектронної апаратури постає питання забезпечення випуску якісної продукції, що гарантує відповідність усіх вимог до надійності та терміну служби.

Ці пристрої з метою економії ресурсу вбудованого елемента живлення (літієвої батареї) значну частину строку служби перебувають у режимі зниженого енергоспоживання, періодично короткочасно перемикаючись у режим активного споживання для вимірювань і передачі вимірних даних на порівняно великі відстані - від кількох сотень метрів до 15 км (у разі використання LoRaWAN). Для передачі даних використовуються малопотужні (від 25 до 100 мВт) передавачі, які працюють у субгігагерцовому діапазоні частот в 150 - 960 МГц (використовуючи частоти 424, 868, 915 МГц, робота на яких не потребує особливих дозволів від державних органів контролю). Як протоколи можуть застосовуватися Wireless M-Bus, ZigBee, LoRaWAN, а також різні пропрієтарні протоколи [2].

З метою забезпечення випуску продукції, що відповідає вимогам міжнародних стандартів якості ISO 9000, стандартам МЕК (IEC), а також державним стандартам України - ДСТУ, уся продукція радіоелектронної промисловості під час виготовлення повинна піддаватися перевіркам, які забезпечують якнайбільше охоплення складових частин майбутнього виробу. З метою мінімізації ризиків помилок, викликаних наявністю людського фактора, і часу, що витрачається на перевірки, всі ці види контролю повинні бути максимально автоматизовані.

Оптичний контроль - найбільш швидкодіючий вид перевірки, але цей метод не дає змоги перевірити працездатність встановлених компонентів і якість їхнього монтажу (пайки).

За допомогою електроконтролю можна перевірити працездатність кожного зі встановлених компонентів, однак можливості електроконтролю обмежені необхідністю наявності на друкованій платі виробу, що перевіряється, контактних точок для підключення зондів. Сучасна електроніка диктує підвищені вимоги до трасування радіотракту, розмірів сигнальних доріжок, їхнього взаємного розміщення та мініатюризації компонентів (у колах радіотракту можуть застосовуватися компоненти типорозмірів 0402 і 0201). З урахуванням мініатюрних розмірів самих пристроїв, що перевіряються, і зазначених вище вимог - у розробників подібних пристроїв зазвичай фізично немає можливості розмістити на сигнальних доріжках ланцюгів радіотракту

контактні площадки і забезпечити можливість електроконтролю.

Функціональний контроль може містити в собі прийом і розшифрування прийнятих даних, вимір S-параметрів, вимірювання рівня сигналу, що приймається (RSSI).

Як показує практика, простого прийому переданих радіоканалом даних недостатньо для однозначного висновку про відповідність якості виготовлення радіотракту усім вимогам, що висуваються. Внаслідок можливого браку застосованих компонентів сигнал, що передається, може бути значно ослаблений, однак дані при цьому прийматимуться і декодуватимуться зразковим приймальним пристроєм, тому необхідне введення додаткових перевірок.

Перевірка шляхом вимірювання S-параметрів вимагає забезпечення можливості під'єднання до виходу радіотракту високоточного та відповідно дорогого вимірювального обладнання (векторних аналізаторів тощо) замість антени, а отже, наявності в пристрої, що перевіряється, контактних з'єднувачів для такого під'єднання.

Таким чином, найприйнятнішим варіантом для функціонального контролю радіотракту є вимірювання рівня прийнятого сигналу (RSSI - received signal strength indicator). Ця функція наразі підтримується абсолютною більшістю інтегральних мікросхем приймачів і прийомопередавачів, що виготовляються для функціонування в субгігагерцовому діапазоні. Для лабораторного відпрацювання рішень, що ґрунтуються на вимірюванні RSSI, можна використовувати відладочні плати та програмні пакети, які надають виробники цих компонентів, наприклад, SmartRF Studio від Texas Instruments [3]. Тобто цей метод перевірки якості виготовлення виробів є відносно простим, швидким і маловитратним у реалізації, тому що не потребує дорогого обладнання.

Цей метод полягає у визначенні відносної потужності прийнятого радіосигналу від пристрою, що перевіряється, в умовних одиницях (деякі виробники чипсетів використовують dBm - дециБелл-міліВати). Різні виробники чипсетів пропонують різні варіації дискретності значення RSSI - від 0 до -100, або від 0 до -127 тощо. Чим ближче виміряне значення до 0, тим сильніший сигнал приймається приймачем.

Однак цей метод перевірки якості також має свої недоліки. Значення RSSI залежить від відстані між пристроєм, що перевіряється, і приймаючою апаратурою стенда функціонального контролю, наявності перешкод між ними, що заважають поширенню радіохвиль та послаблюють радіосигнал. Також під час перевірки необхідно забезпечити такі умови прийому, за яких сигнал, що приймається зразковою апаратурою, значно перевершує рівень шумів для коректного аналізу. Меншою мірою на результати вимірювань впливають умови навколишнього середовища (температура та вологість повітря), які бажано враховувати під час аналізу прийнятих даних.

ВИСНОВКИ. Існує актуальна наукова задача щодо перевірки якості виготовлення радіо тракту бездротових сенсорів IoT. Метод функціонального контролю радіо тракту за допомогою вимірювання RSSI є найбільш придатним для автоматизації перевірок, але потребує доопрацювання для оцінки впливу взаємної конфігурації пристроїв, відносно один одного, відстані від апаратури стенду та кліматичних умов в яких проводиться перевірка на аналіз результатів вимірювань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lueth K. L. State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B – Market accelerating. *IoT Analytics*. URL: <https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/> (date of access: 19.10.2024).
2. ДСТУ EN 13757-4:2020 (EN 13757-4:2019, IDT). Системи зв'язку для лічильників. Частина 4. Безпроводовий зв'язок M-Bus. Чинний від 2021-05-01. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2020. 105 с.
3. Johnsrud S., Aaberge T. RSSI Interpretation and Timing. SWRA114D. Design Note DN505. Texas Instruments, 2016. 15 p. URL: <https://www.ti.com/lit/an/swra114d/swra114d.pdf> (date of access: 14.10.2024).

DIGITAL EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: THE ROLE OF EUROPEAN DIGITAL INNOVATION HUBS

Ruslan Kulykovskiy, Nataliia Furmanova, Oleksandr Malyi

National University “Zaporizhzhia Polytechnic”

Ukraine, 69063, Zaporizhzhia, Zhukovskogo str., 64

E-mail: nfuman@zp.edu.ua

Annotation: Digital education integrates modern technologies to enhance learning, making it interactive and personalised, vital for today's digital transformation and Industry 4.0. It promotes sustainable development by providing equitable access to quality education and reducing environmental impact. Like the one in Zaporizhzhia Polytechnic, European Digital Innovation Hubs support this transformation by fostering digital skills and innovation for the future workforce.

Key words: Digital education, Learning process, Industry 4.0, Sustainable development, European Digital Innovation Hubs (EDIH), Digital transformation

Digital education integrates modern digital technologies and tools into the learning process to improve the quality of knowledge and skills. It includes online courses, e-resources, mobile applications, cloud platforms and social networks that simplify access to knowledge and make the learning process more interactive and personalised. In the context of the digital transformation of society and the transition to Industry 4.0, digital education is becoming both a convenience and a necessity. This form of education includes all educational processes that use digital tools and platforms to support and optimise learning. Essential components of digital education include online platforms that provide access to learning materials anytime and anywhere, interactive tools such as virtual laboratories, simulations and VR/AR technologies for hands-on experience, and artificial intelligence that enables personalised learning through adaptive systems and intelligent prompts. In addition, digital education includes the acquisition of digital literacy, which involves the development of information, communication, creativity and safety skills.

Digital education plays a vital role in sustainable development through its ability to break down social and geographical barriers and open access to quality knowledge for all population segments. It contributes to a more equitable society where everyone has access to learning resources regardless of where they live, financial means or physical limitations. One of the critical benefits of digital education is its environmental aspect, as using digital technologies helps reduce the consumption of paper and resources used to print materials. It also reduces the carbon footprint, eliminating the need for transport and physical premises, which is essential for the environmental component of sustainable development.

In addition, digital education contributes to developing skills needed for the future. In an ever-changing labour market, specialists who can work with new technologies and adapt to innovations are required. Digital education helps develop the competencies of the 21st century: critical thinking, creativity, data skills, digital literacy, and the ability to solve complex problems. Thus, it prepares society to respond effectively to challenges, contributing to sustainable development.

Digital education is essential for supporting global sustainable development goals, particularly the following UN goals: 4 (Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all), 5 (Achieve gender equality and empower all women and girls) and 10 (Reduce inequality within and among countries) [1]. It helps to ensure access to quality education for different groups of people, including vulnerable groups, which allows to bridge social and economic gaps. The use of cloud technologies and artificial intelligence provides opportunities for adaptive learning, which means that content can automatically adjust to the needs of each learner, offering individual learning paths and increasing learning efficiency.

The European Digital Innovation Hubs (EDIH) are an essential part of the European Union's strategy to support the digital transformation of the economy and society, focusing on the digitalisation of education [2]. These hubs create a network of centres that help small and medium-sized enterprises, public institutions and organisations to implement the latest digital technologies effectively. The main

goal is to build an infrastructure that supports innovation, increases competitiveness, and promotes sustainable development.

EDIHs promote the digital transformation of the educational process by offering a variety of training, seminars and study programmes aimed at developing digital skills. This allows employees and students to learn new technologies and be prepared to work in the digital economy. Modern teaching methods and advanced technologies, such as artificial intelligence, the Internet of Things and blockchain, make the learning process informative, interactive, and tailored to individual needs.

Hubs also support education development through cooperation with educational institutions, providing access to laboratories and test environments where students and teachers can experiment with new technologies. This contributes to developing competencies required for the modern labour market and ensures the integration of innovations into the learning process. In support of small and medium-sized enterprises, EDIH also provides specialised courses to improve digital literacy and professional training.

The European Digital Innovation Hubs network covers all EU member states, including regions with less developed infrastructure, to guarantee equal access to digital services and educational opportunities. The Digital Europe programme provides funding for developing this infrastructure, enabling each region to build its academic and technological capacity. Thanks to EDIH's activities, the population's digital literacy is growing, which is an essential factor for the sustainable development of society. This support for the digitalisation of education helps to create a competent population that can adapt to rapid change and actively participate in the digital economy, strengthening the EU's position as one of the world's leaders in innovation.

The European Digital Innovation Hub (EDIH) at the National University “Zaporizhzhia Polytechnic” is essential for developing digital education and introducing modern technologies in the region. The hub provides a platform to support small and medium-sized enterprises, organisations and educational institutions in digital transformation. Through partnerships with educational institutions, EDIH promotes the development of digital skills through educational programmes, trainings and workshops that introduce participants to the latest digital solutions and tools. One of the hub's critical activities is organising specialised courses and seminars to improve the population's digital literacy and develop the professional competencies required to work in the digital economy. Through advanced teaching methods, such as modelling real-life situations and using modern software platforms, participants gain theoretical knowledge and practical experience. In addition, the hub is actively introducing innovations such as artificial intelligence and the Internet of Things into educational programmes, making them more adapted to the challenges of the modern digital world.

CONCLUSIONS. The European Digital Innovation Hub in Zaporizhzhia Polytechnic contributes to developing competencies necessary for digital transformation. It supports digital education as an essential component of training for sustainable development of the region and the country.

References:

1. Ovcharuk, O., Ivaniuk, I., Soroko, N., Gritsenchuk, O., & Kravchyna, O. (2020). The use of digital learning tools in the teachers' professional activities to ensure sustainable development and democratisation of education in European countries.
2. Zamiri, M., Sarraipa, J., Marcelino-Jesus, E., & Jardim-Goncalves, R. (2023, May). Supporting Mass Collaborative Learning Communities Through Digital Innovation Hubs. In *2023 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)* (pp. 363-370)

DIGITAL CITIZENSHIP IN HUNGARY

László Vértesy

Dr. habil., associate professor, head of department
 Department of Economics and Natural Resources
 Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE)
 Ludovika University of Public Service (NKE)

In the third decade of the 21st century, the most essential digitalization tool is mobile technology, specifically the smartphone. Therefore, from the end of 2024, Hungary's identification, administration, and signatures will also move to mobile. We are developing a mobile application that is accessible to all Hungarian citizens. With the help of this central mobile app, Hungarians will be able to handle their affairs more easily and quickly than ever before. Through the app, they can verify their identity and settle payments to the state with a single click. One of the National Digital Citizenship Program's core principles is that users choose whether to take advantage of the opportunities digital citizenship offers. The National Assembly recently adopted Act CIII of 2023 on the digital state and certain rules for providing digital services. This law entered into force on July 1, 2024; while Part V enters into force on January 1, 2025.

In the new system, there will be two types of administrative processes: event-based, introduced by this bill, and the other includes existing, widely used options such as the fully revamped ePapír (ePaper). The most common cases for event-based administration involve births and vehicle ownership transfers. This legislation enables these two types to be among the first accessible via mobile devices. Prioritizing user experience, administration will be initiated with a single click, and the state will collect the necessary data and documents.

With the involvement of market players, citizens can use simplified identification and digital signatures within the central app for processes like contract signing, banking, or insurance transactions. Besides significantly simplifying citizens' lives, digital citizenship digitalizes state operations, providing a competitive edge to all sectors of the Hungarian economy.

The goal is to establish a new statutory-level regulation to support the implementation of the National Digital Citizenship Program, laying down essential rules related to state digitalization, digital service provision, and service usage in the digital space. This aims to offer citizens simple, convenient, and efficient online services. The law introduces and regulates digital citizenship, prioritizing digitally supported administration and services, promoting technological advancement and digital transformation, and enhancing interactions between citizens and the government in the digital space. The main objectives and provisions are as follows:

- **Broad Digital Services:** Provides citizens access to various digital services, including online identification and signatures, secure electronic communication and document management, and online payment systems.
- **Optimization and Digitalization:** Promotes the digitalization and optimization of state services to enhance efficiency and better serve society.
- **Mobile-Friendly Approach:** Prioritizes administration via mobile phones and other portable devices, allowing citizens to access needed services anytime, anywhere.
- **Unified Digital Administration:** Defines the framework of digital citizenship, regulates the provision of digital services, and establishes obligations for participating organizations.
- **Data Usage and Cooperation:** Supports the public use of data available in state registers and fosters cooperation among state bodies.
- **Digital Private Transactions:** Facilitates the digital handling of private legal relationships, modernizing legal processes and transactions.

According to Article XXVI of Hungary's Fundamental Law, the state strives to apply new technical solutions and scientific advancements. This emphasizes the state's role as a service provider by ensuring it keeps pace with technological advancements, leveraging new technical solutions and scientific

developments to improve efficiency and the quality of public services. This law replaces the Electronic Administration Act (E-Administration Act), a milestone in Hungary's e-government development. However, lawmakers have recognized that advancing information and communication technologies fundamentally transforms our lives, necessitating a renewed regulatory environment capable of adapting to rapid social and technological changes.

The law aims to create a portable device-optimized framework in the digital space that provides a unified interface and consistent logic for a wide range of value-added digital services, both state-linked and non-state-linked. It offers essential services like e-Identification, e-Signature, e-Post, e-Document Management, and e-Payment through a government-designated digital citizenship service provider.

To ensure unified service access, the law establishes a unique and permanent identifier (referred to as a digital citizenship identifier) for individuals listed in the personal and address registry, aligning with ongoing EU regulatory preparations. This identifier significantly simplifies daily administration by relieving citizens of the need to provide their data during each transaction repeatedly. Digital interaction with the state will primarily be conducted through a user profile created with the digital citizenship identifier, with users free to activate or deactivate this profile at will. The law also paves the way for a digital personal data wallet, which, beyond storing citizens' documents and personal information, will be able to verify various attributes (e.g., age) and entitlements in the future. The law shifts away from "case" and "case management" as central concepts, redefining these within the broader digital services framework. It prioritizes integrated, life event-based case management, establishing a life event registry. The paradigm shift in life event-based administration focuses not on administration or official cases but on the client and the specific life event to be addressed. A novel aspect of the law dedicates a section to organizations—termed "organizations mandated to provide digital services"—that are required to ensure the use of e-Identification and e-Signature services as part of the unified administration. Public utility providers will continue to be subject to existing obligations.

References:

1. Hungary Rolls Out Digital Citizenship Programme. URL <https://www.hungarianconservative.com/articles/current/digital-citizenship-programme-online-access-id-social-security-hungary/>
2. Government approves National Digital Citizenship Program. URL: <https://abouthungary.hu/news-in-brief/government-approves-national-digital-citizenship-program>

Наукове видання

**Ігор НЕВЛЮДОВ,
Іріна КОЛУПАЄВА,
Владислав ЄВСЄЄВ,**

**I Міжнародна Конференція
«Цифрові інновації & сталий розвиток 2024»**

(укр., англ. мовою)

Відповідальний редактор – Невлюдов І.Ш.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР)
61166, Харків, проспект Науки, 14
корпус "А"
ауд. 162-1
тел. : +38 (057) 702-14-86
e-mail: m_ms@nure.ua

Підписано до друку 4.11.2024
Формат 60x84/8. [електронний друк]
Умовн. друк. арк.4,7. Зам. № 04-11.

Видавництво ФОП Іванченко І. С.
пр. Тракторобудівників, 89-а/62, м. Харків, 61135
тел.: +38(050/093)4024350

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників та розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 4388 від 15.08.2012 р.

www.monograf.com.ua