

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та  
безпекової інженерії

**I Всеукраїнська конференція  
«Інтелектуальні технології цивільної безпеки та  
робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт»**



**I All-Ukrainian Conference  
“Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for  
Emergency and Rescue Operations”**

**ICSTRO**

2026

**I All-Ukrainian Conference**

February 12 - 13, 2026

Kharkiv

**УДК: 005:004.896:62-65:338.3**

Інтелектуальні технології цивільної безпеки та робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт 2026: матеріали I-ої Всеукраїнська конференція, Харків, 12-13 лютого 2026 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2026. – 192 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів моделювання, прогнозування та управління ризиками у сфері цивільної безпеки; техногенна та виробнича безпека: технічні засоби, оцінка ризиків, експертиза; інтелектуальні та робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт; кіберфізичні системи, інформаційна безпека та цифровий захист виробництв; інформаційно-комунікаційні технології в системах управління та моніторингу надзвичайних ситуацій; сталий розвиток, екологічна безпека та соціальна відповідальність у сфері цивільної безпеки; інтелектуальні системи прийняття рішень у сфері цивільного захисту.

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

Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for Emergency and Rescue Operations 2026: Proceedings of I st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, February 12 - 13, 2026: Thesises of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2026. - 192 p.

The collection includes the thesises of reports on devoted to current trends in the development of technologies and tools for modeling, forecasting, and risk management in the field of civil safety; industrial and technological safety, including technical means, risk assessment, and expert evaluation; intelligent and robotic systems for emergency and rescue operations; cyber-physical systems, information security, and digital protection of industrial facilities; information and communication technologies in emergency management and monitoring systems; sustainable development, environmental safety, and social responsibility in the field of civil safety; and intelligent decision-support systems in civil protection.

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

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії (КІТАРБІ), ХНУРЕ, 2026

Харківський національний університет радіоелектроніки  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та  
науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»  
Головне управління ДСНС України у Харківській області

**Всеукраїнська конференція  
«Інтелектуальні технології цивільної безпеки та  
робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт»  
(ICSTRO-2026)**



**All-Ukrainian Conference  
“Intelligent Civil Safety Technologies and Robotic Systems for  
Emergency and Rescue Operations”  
(ICSTRO-2026)**

## ЗМІСТ

<i>Elgun Jabrayilzade</i>	
Intelligent Control of a Collaborative Robot .....	9
<i>Volodymyr Makovii, Maryna Muntian</i>	
Electronic Control Systems for Bionic Prostheses Based on Microcontroller Platforms .....	13
<i>I. Andriukhin, S. Sotnik</i>	
The Concept of a Digital Twin as a Virtual Copy of Physical Objects, Processes, and Systems .....	17
<i>B. A. Вовченко, I. O. Толкунов</i>	
Управлінське рішення як елемент підвищення якості робіт з гуманітарного розмінування територій, забруднених ВНП .....	22
<i>M. Vorobyov, S. Sotnik</i>	
Jamstack Architecture as a Synthesis of Serverless Back-End and Dynamic Front-End .....	25
<i>Marina Muntian</i>	
Hybrid Seismic and Ultrasonic System for Autonomous Detection and Classification of Moving Objects .....	30
<i>I. Dvoynikova, S. Sotnik</i>	
Analysis of the Effectiveness and Cybersecurity Risks of the Github Copilot Tool .....	34
<i>I. Dvoynikova, S. Sotnik</i>	
6G Networks – A Technological Foundation for Autonomous Systems and the Internet of Everything .....	39
<i>Vladyslav Yevsieiev, Ihor Holod</i>	
Using Historical Data in the NNARX Model to Improve the Accuracy of Microclimate Parameter Forecasting .....	44
<i>K. Mandrykov, S. Sotnik</i>	
Comparative Analysis of Industrial Data Transmission Protocols (IIOT) in Automation Systems .....	49
<i>A. Taran, S. Sotnik</i>	
Digital Twin: A Virtual Copy of a Physical Object, Process, or System. Applications in Industry, Construction, and Cities .....	54
<i>R. Marunich, S. Sotnik</i>	
Security Analysis of Protocols for Integration With Access Control System .....	59
<i>Oleksandr Muntian</i>	
Comparative Analysis of Arduino, STM32 And ESP32 Platforms for Autonomous Sensor Systems .....	64
<i>A. Taran, S. Sotnik</i>	
AI as a Developer Tool: Github Copilot and Other Artificial Intelligence Assistants .....	67
<i>A. Fesenko, S. Sotnik</i>	
Selection of Communication Interfaces for a Microclimate Monitoring System .....	72
<i>Г. В. Пронюк, Геселева Н.В.</i>	
Моделювання інформаційних процесів у системах цивільної безпеки на основі DFD ...	77
<i>A. Taran, S. Sotnik</i>	
WEB3 and Decentralized Applications. A Practical Look at Blockchain Development .....	81

## 6G NETWORKS – A TECHNOLOGICAL FOUNDATION FOR AUTONOMOUS SYSTEMS AND THE INTERNET OF EVERYTHING

**I. Dvoynikova, S. Sotnik**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: [indira.dvoynikova@nure.ua](mailto:indira.dvoynikova@nure.ua)

**Annotation:** The study examines the evolutionary transition from 5G networks to 6G technologies, marking a paradigm shift from the IoT to the IoE. Four key components of the 6G architecture were analyzed: the implementation of native artificial intelligence, ensuring ultra-low latency (0,1-1 ms) to enable the «Tactile Internet», the use of Integrated Sensing and Communication technology, and support for ultra-massive connectivity (100 million devices/km<sup>2</sup>). The significance of these features for the operation of fully autonomous robotic systems and the scaling of smart environments was substantiated. The study concludes on the role of 6G as critical infrastructure for human-machine cooperation in the context of Industry 4.0 and 5.0.

**Key words:** 6G networks, IoE, native artificial intelligence, integrated sensors, autonomous systems.

### МЕРЕЖІ 6G – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФУНДАМЕНТ ДЛЯ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ТА ІНТЕРНЕТУ ВСЬОГО

**І. Є. Двоєнікова, С. В. Сотник**

Харківський національний університет радіоелектроніки,

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: [indira.dvoynikova@nure.ua](mailto:indira.dvoynikova@nure.ua)

**Анотація:** У роботі досліджено еволюційний перехід від мереж 5G до технологій 6G, що знаменує зміну парадигми від «Інтернету речей» (IoT) до «Інтернету всього» (IoE). Проаналізовано чотири ключові компоненти архітектури 6G: впровадження нативного штучного інтелекту, забезпечення наднизьких затримок (0,1-1 мс) для реалізації «Тактильного Інтернету», використання технології інтегрованої сенсорики й комунікації (ISAC) та підтримка ультра-масових підключень (100 млн пристроїв/км<sup>2</sup>). Обґрунтовано значення цих характеристик для функціонування повністю автономних робототехнічних систем та масштабування розумних середовищ. Зроблено висновок про роль 6G як критичної інфраструктури для кооперації людей і машин в умовах Індустрії 4.0 та 5.0.

**Ключові слова:** мережі 6G, IoE, нативний штучний інтелект, інтегрована сенсорика, автономні системи.

The development of fully autonomous robotic systems and global smart environments is currently limited by the capabilities of existing communication networks [1-10]. The rapid digitization of society has transformed wireless networks from a simple means of interpersonal communication into a critical infrastructure for connecting machines. Although the introduction of fifth-generation (5G) standards was the first step towards a global «Internet of Things» (IoT), it is not capable of providing the technological foundation for a true revolution – the transition to the «Internet of Everything» (IoE), which will blur the boundaries between the physical, digital, and biological worlds [11-15].

The sixth generation (6G) networks should become such a foundation. The purpose of this work is to identify and analyze the key components of the technological foundation of 6G networks (such as native AI, integrated ISAC sensors, ultra-low latency) that make them the basis for future

autonomous systems and the IoE. A diagram with four key components of the «technological foundation» of 6G networks is shown in Fig. 1.

The first and most important component of this foundation is a fundamental change in network architecture associated with intellectualization. The fundamental difference between generations lies in the role of artificial intelligence. While in the 5G ecosystem, AI algorithms are often just an add-on to the existing infrastructure, the 6G concept envisions «native artificial intelligence». This means that computing capabilities and machine learning algorithms are embedded directly into the core of the network, its periphery, and even the radio interface. This approach transforms the network into a giant distributed supercomputer.

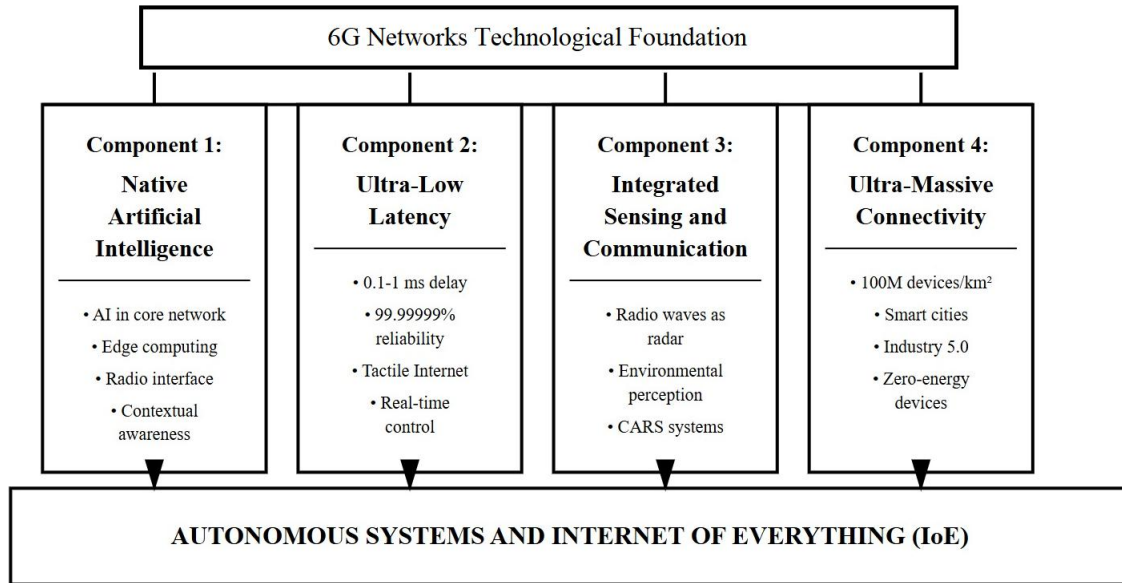


Figure 1 – Four key components of the 6G network technology foundation

For the Internet of Things, this opens up the possibility of situational awareness: devices don't just transmit data, they «understand» the context and are able to make decisions locally, without the need to constantly refer to remote cloud servers. Thus, native artificial intelligence is the first key component of the 6G technology foundation.

However, local intelligent processing is only one side of the coin. The second, equally critical requirement for autonomous systems is ultra-low latency for data and command transmission.

One of the biggest obstacles to the widespread adoption of robotics is system response speed. Although 5G offers impressive latency of one millisecond, this is still not enough for certain high-precision applications. 6G technologies aim to achieve latencies in the range of 0,1 to 1 milliseconds with 99,99999 % channel reliability [16]. This leap is crucial for the realization of the «Tactile Internet», where a human operator can control a remote mechanism with a sense of complete presence, or where industrial robots synchronize their movements with microscopic precision. In such scenarios, the network becomes the «nervous system» of production, where signal delay equals nerve impulse delay. Therefore, ensuring ultra-low latency is the second critical component of this foundation.

The development of unmanned transport and autonomous robots requires new network functions that go beyond data transmission. An innovative feature of 6G is ISAC (Integrated Sensing and Communication) technology, which allows mobile radio waves to be used as radar. This gives robots and drones a «sixth sense»: the ability to see through obstacles and measure the distance and speed of objects even in darkness or fog, without relying solely on optical cameras. This integration enables the creation of Connected Autonomous Robotic Systems (CARS) that can operate safely and efficiently in complex, dynamic environments such as

crowded city streets or automated warehouses where GPS signals may not be available. The third key component is Integrated Sensing and Communication (ISAC).

Finally, the fourth component is support for ultra-massive connectivity. The concepts of «Smart City» and «Industry 4.0» (and the future 5.0) require the simultaneous operation of billions of sensors. 6G networks are designed to support «ultra-massive communications», which will allow up to 100 million devices per square kilometer to be served. This is an order of magnitude greater than the capabilities of 5G. Such connection density is a prerequisite for creating a pervasive digital environment where every element of infrastructure – from vehicles to household appliances – is part of a single network. Energy efficiency is an important aspect here, as servicing such a large number of devices requires a transition to zero-energy technologies powered by the environment.

The results of the comparison between 5G and 6G networks are shown in Table 1.

Table 1 – Comparative characteristics of 5G and 6G networks

Characteristic	5G	6G
Peak data transfer rate	Up to 20 Gbps	From 100 Gbps to 1 Tbps
Channel reliability	99,999 %	99,99999 %
Latency	~1 ms	0,1-1 ms
Connection density	1 million devices/km <sup>2</sup>	100 million devices/km <sup>2</sup>
Energy efficiency	Standard	Extreme energy efficiency / Support for zero-consumption devices
Frequency range	Up to 100 GHz	Up to 10 THz (terahertz range)
The basic paradigm	IoT, enhanced Mobile Broadband	IoE, Tactile Internet, CARS

Table 1 shows that the growth of key parameters by orders of magnitude (speed by 50-100 times, connection density by 100 times, reliability by 100 times) not only speeds up existing services, but also makes fundamentally new scenarios technically possible: tactile internet, precision remote control, global distributed neural networks. The most important change is the shift in the role of AI from an external «superstructure» to a «native» built-in component of all network levels. This transforms the network from a data transmission channel into a distributed cognitive system capable of self-optimization and context-dependent decisions.

The transition from 5G to 6G is not just an evolutionary increase in file download speeds, but a revolutionary change in the way machines interact with the world. The combination of ultra-low latency, native artificial intelligence, and integrated sensors creates the technological foundation for the emergence of truly autonomous systems. The networks of the future will become invisible but critically important infrastructure that will ensure the smooth cooperation of people and robots, opening up new horizons for the automation of industry, logistics, and everyday life.

This work analyzes the technological foundation of sixth-generation (6G) networks and identifies its key components, which make it the basis for the development of fully autonomous systems and the Internet of Everything. The aim of the work was to systematize and investigate the revolutionary technological changes proposed by the 6G concept, which go beyond the evolutionary improvements of previous generations of communications. Four fundamental components of the 6G technological foundation were identified and analyzed. The implementation of 6G networks based on the described foundation will lead to qualitative transformations in several areas. First, it will be possible to create truly autonomous systems, as the combination of ISAC for environmental perception and native artificial intelligence for decision-making will enable the development of robots and vehicles capable of functioning safely and independently in complex, dynamic environments without constant human control. The concept of the Internet of Everything will become a practical reality thanks to the ultra-massive connection of billions of energy-efficient devices, creating a single digital canvas, blurring the boundaries between the physical, digital, and biological worlds, and forming the basis for smart cities, Industry 5.0, and a new level of personal services. Ultra-low latency will open up opportunities for the implementation of the tactile internet and critical real-time systems such as remote surgery,

precision collective control of industrial robots, and virtual and augmented reality with a full presence effect.

## REFERENCES

1. Sotnik, S. & et al.. Evaluating relational database scaling strategies in web engineering. International Conference on Advanced Trends In Radioelectronics and Infocommunications (ATRICE-2025) (May 21–22, 2025), Lviv Polytechnic Publishing House, Lviv, Ukraine, 2025. PP. 224-228
2. Bielik, M. S. & et al.. Analysis of the structures of mobile platforms for promoter robots. The 5th International scientific and practical conference “Global trends in science and education” (June 2-4, 2025) SPC “Sci-conf.com.ua”, Kyiv, Ukraine, 2025. PP. 319-325
3. Yechevskiy, A. D. & et al.. Research of orientation methods of autonomous mobile robots in industrial conditions, «Computer-integrated technologies, automation and robotics» CITAR-2025, 2025. PP. 115-119
4. Sukhomlinova, D.A. & et al.. Aerial robot in urban environments. Sustainable smart cities and communities: business and innovation solutions 2025: Proceedings of I st I International Conference, Kharkiv, April 21, 2025: Theses of Reports, 2025. PP. 45-46
5. Shrubkovskiy, Y. V. & et al.. Development of a structural scheme for automatic dosing of liquid components. Період трансформаційних процесів в світовій науці: задачі та виклики: збірник наукових праць з матеріалами V Міжнародної наукової конференції, м. Кропивницький, 6 червня, 2025 р. / Міжнародний центр наукових досліджень. – Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2025. PP. 242-246
6. Andreiev A. S., Sotnik S. V. 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., 2024. PP. 25-27
7. Zarubin, I. & et al.. Basic principles of building aerial robots. Manufacturing & Mechatronic Systems 2024: Proceedings of VIII st International Conference, Kharkiv, October 25-26, 2024. PP. 32-36
8. Lashyn, Z. V. & et al.. Automation capabilities of equipment with built-in robot for manufacture of microelectronics products. Proceedings of the XVII International scientific and practical conference «Information technologies and automation – 2024», 2024. PP. 283-286
9. Lykho, T. A. & et al.. Pattern recognition and computer vision technologies in decision support systems of robotic systems. Proceedings of the XVII International scientific and practical conference «Information technologies and automation – 2024», 2024. PP. 645-648
10. Andreiev A. S. & et al.. Comparative analysis of robotics platform: Webots, Coppeliassim and Gazebo. Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: Тези доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (10-12 грудня 2024 р., м. Запоріжжя). [Електронний ресурс] /Електрон. дані. – Запоріжжя, 2024. PP. 96-100
11. Nevludov, I. Sh. & et al. Application of artificial intelligence in additive manufacturing (3D printing). Information Technologies and Automation – 2025 / Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference. Odessa, October 30-31, 2025. – Odessa, ONUT Publishing House, 2025. PP. 1006-1009
12. Marunich, R.V., Sotnik, S.V. Modern IoT technologies for creating automated access systems. Sustainable smart cities and communities: business and innovation solutions 2025: Proceedings of I st I International Conference, Kharkiv, April 21, 2025: Theses of Reports, 2025. PP. 38-39
13. Marunich, R.V. & et al.. Features of IoT application in the security sector. «Computer-integrated technologies, automation and robotics» CITAR-2025, 2025. PP. 80-84

14. Sotnik, S. Integration of IoT into security systems: opportunities and risks. International Journal of Academic Engineering Research (IJAER), 2024. PP. 56-61
15. Marunich, R., & et al.. Approaches to ensuring the effective implementation of IoT technologies in various industries. International Conference «DIGITAL INNOVATION & SUSTAINABLE DEVELOPMENT 2024», 2024. PP. 22-23
16. Pennanen, H. & et al.. 6G: The intelligent network of everything. IEEE Access, 2024. PP. 1-101