

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА  
ПОЛІТЕХНІКА»  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

**ПАТ «УКРТЕЛЕКОМ»**

**КП «НВК «ІСКРА»**

**НВП «ХАРТРОН-ЮКОМ»**

**ТОВ «ІНФОКОМ ЛТД»**



**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ І ДОСЯГНЕННЯ В ГАЛУЗІ РАДІОТЕХНІКИ,  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**КОНФЕРЕНЦІЯ ПРИСВЯЧЕНА 125-РІЧЧЮ З ДНЯ ЗАСНУВАННЯ  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

Тези доповідей

XII Міжнародної науково-практичної конференції  
(10–12 грудня 2024 р., м. Запоріжжя)



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Запоріжжя – 2024

УДК 621.37+621.39+004  
С 91

Рекомендовано до видання НТР  
Національного університету «Запорізька політехніка»

Редакційна колегія:

Піза Д. М., д-р. техн. наук, проф., проф. каф. РТ НУ «Запорізька політехніка»;

Малий О.Ю., канд. техн. наук, доц., зав. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка».

С91 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: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 500 с. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. Назва з тит. екрана.

Збірник містить матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій», яка відбувалась на базі Національного університету «Запорізька політехніка» 10-12 грудня 2024 р. Представлені тези доповідей з таких основних напрямків: «Радіотехнічні та телекомунікаційні системи, інформаційні технології в проектуванні та виробництві»; «Автоматизація, робототехніка та безпілотні технології»; «Нанoeлектроніка та інформаційно-вимірювальні технології»; «Комп'ютерні системи та мережі, безпека інформаційно-комунікаційних систем»; «Комп'ютерні науки, програмна інженерія»; «Системний аналіз та управління»; «Спеціальна секція з тематики ERASMUS+ проєктів».

*Роботи друкуються в авторській редакції. Видавець не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.*

УДК 621.37+621.39+004

©НУ «Запорізька політехніка», 2024

## ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Міністерство освіти і науки України;
- Національний університет «Запорізька політехніка»;
- Харківський національний університет радіоелектроніки;
- ПАТ «Укртелеком»;
- КП НВК «Іскра»;
- НВП «ХАРТРОН-ІЮКОМ»;
- ТОВ «ІНФОКОМ ЛТД».

## ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

**Максим ШИПКОВ** – т.в.о. генерального директора КП «НВК «Іскра»

**Віталій СІРЕНКО** – керівник технічної служби Запорізької філії ПАТ "Укртелеком"

**Віктор ГРЕШТА** – ректор НУ «Запорізька політехніка»

**Вадим ШАЛОМЄЄВ** – проректор з наукової роботи НУ «Запорізька політехніка»

**Наталія ФУРМАНОВА** – декан факультету інформаційної безпеки та електронних комунікацій НУ «Запорізька політехніка»

**Микола КАСЬЯН** – декан факультету комп'ютерних наук і технологій НУ «Запорізька політехніка»

**Равіль КУДЕРМЕТОВ** – зав. каф. комп'ютерних систем та мереж НУ «Запорізька політехніка»

**Галина ТАБУНЩИК** – професор НУ «Запорізька політехніка»

**Андрій КОРОТУН** – зав. каф. інформаційної безпеки та наноелектроніки НУ «Запорізька політехніка»

**Анжеліка ПАРХОМЕНКО** – доцент НУ «Запорізька політехніка»

**Еліна ТЕРЕЩЕНКО** – в.о. зав. каф. системного аналізу та обчислювальної математики НУ «Запорізька політехніка»

**Сергій САМОЙЛИК** – в.о. зав. каф. радіотехніки та телекомунікацій НУ «Запорізька політехніка»

**Наталія ВИСОЦЬКА** – в.о. начальника НДЧ НУ «Запорізька політехніка»

**Микола ЄФИМЕНКО** – професор НУ «Запорізька політехніка»

**Андрій ОЛІЙНИК** – професор НУ «Запорізька політехніка»

**Михайло ПОЛЯКОВ** – професор НУ «Запорізька політехніка»

**Михайло ЧОРНОБОРОДОВ** – доцент НУ «Запорізька політехніка»

**Дмитро ШИРОКОРАД** – доцент НУ «Запорізька політехніка»

## **ВЧЕНИЙ СЕКРЕТА ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

**Олександр МАЛИЙ** – зав. каф. інформаційних технологій електронних засобів НУ «Запорізька політехніка»,  
+380(61)7698252, kafedra\_ited@zp.edu.ua»

## **ТЕХНІЧНІ СЕКРЕТАРИ ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

**Станіслав ШАПТАЛА, Олександр ПРОЖЕНКО**, кафедра інформаційних технологій електронних засобів НУ «Запорізька політехніка»,

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

Gustavo R. ALVES – Dr., Prof. (Porto, Portugal)  
Andrii BABICH - Dr. (Neu-Isenburg, Germany)  
Amir ELIEZER – Prof. (Beer-Sheva, Israel)  
Javier GARCIA-ZUBIA – Dr. (Bilbao, Spain)  
Karsten HENKE – Dr. Ing. (Ilmenau, Germany)  
Jamil ALSAYAYDEN – Ph.D. in Eng. Sc. (Malacca, Malaysia)  
Vitaly LEVASHENKO – Prof. (Zilina, Slovakia)  
David LUENGO – Prof. (Madrid, Spain)  
Urszula MARKOWSKA-KACHMAR – Prof. (Wroclaw, Poland)  
George MARKOWSKY – Prof. (Orono, USA)  
Vitaliy MEZHUYEV – Prof. (Malaysia, Pahang)  
Alexei SHARPANSKYKH – PhD (Delft, Holland)  
Elena ZAITSEVA – Prof. (Zilina, Slovakia)  
Mher MARKOSYAN – Prof. (Yerevan, Armenia)  
Анна БАКУРОВА – д.е.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Володимир БАХРУШИН – д.ф.-м. н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Євгеній БОДЯНСЬКИЙ – д.т.н., проф. (Харків, Україна)  
Олег ДРОБАХІН – д.ф.-м.н., проф. (Дніпро, Україна)  
Валерій ДУБРОВІН – к.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Владислав ЄВСЄЄВ – д.т.н., проф. (Харків, Україна)  
Леонід КАРПУКОВ – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Андрій КУПІН – д.т.н., доц. (Кривий Ріг, Україна)  
Григорій КОРНІЧ – д.ф.-м.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Марина НОВОЖИЛОВА – д.ф.-м.н., проф. (Харків, Україна)  
Валентин ПОГОСОВ – д.ф.-м.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Валерій СИТНИКОВ – д.т.н., проф. (Одеса, Україна)  
Геннадій СНІЖНОЙ – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Сергій СУББОТІН – д.т.н., проф. (Запоріжжя, Україна)  
Вадим ШКАРУПИЛО – д.т.н., доц. (Київ, Україна)  
Олександр ГНАТЕНКО – к.ф.-м.н., доц., (Харків, Україна)

<i>Маслов О.О., Кабак В.С.</i> Вдосконалення псевдошумових послідовностей для підвищення завадозахищеності та ефективності радіотехнічних систем .....	92
<i>Нагурний В. В., Малий О. Ю.</i> Оптимізація архітектури нейронної мережі для ефективноної передачі медіаконтенту....	94
<b>2 СЕКЦІЯ «АВТОМАТИЗАЦІЯ, РОБОТОТЕХНІКА ТА БЕЗПЛОТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»</b> .....	96
<i>Andreiev Anton, Sotnik Svitlana.</i> Comparative analysis of robotics platform: Webots, Coppeliasim and Gazebo .....	96
<i>Gurin Dmitro.</i> Key features and differences between Industry 5.0 and Industry 4.0 .....	100
<i>Баранов Є.О., Фурманова Н.І.</i> Метод навігації БПЛА в умовах відсутності GPS-сигналу на основі візуальної одометрії .....	103
<i>Гаврилюк А.О., Фурманова Н.І.</i> Метод підвищення завадостійкості передачі даних БПЛА на основі псевдовипадкового перемикування каналів зв'язку .....	108
<i>Євсєєв В. В., Голод І.В.</i> Переваги та недоліки математичних моделей інтелектуального керування мікрокліматом на виробництві з використанням кіберфізичних систем .....	111
<i>Левченко Д.С., Малий О.Ю.</i> Методи підвищення точності збору геопросторових даних при використанні БПЛА для задач землеустрою .....	115
<i>Лежньов Д.О., Рибаків К.О.</i> Методи та засоби автономної орієнтації БПЛА на місцевості в умовах придушення радіосигналу керування та відеозв'язку .....	119
<i>Машковський Р.А., Козлов В.В.</i> Порівняльний аналіз прошивок ESC регуляторів для безколекторних двигунів постійного струму у мультикоптерах .....	123

## **2 СЕКЦІЯ «АВТОМАТИЗАЦІЯ, РОБОТОТЕХНІКА ТА БЕЗПІЛОТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

УДК 004.896:37.018.43

Andreiev Anton<sup>1</sup>, Sotnik Svitlana.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> student AKTCI-21-2 NURE

<sup>2</sup> assistant professor of CITAR, NURE

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF ROBOTICS PLATFORM: WEBOTS, COPPELIASIM AND GAZEBO**

Rapid progress in field of robotics creates new challenges and need to implement modern methods aimed at developing competencies in field of latest technologies [1-5]. In modern world, robotics is becoming one of key industries. The rapid introduction of robotic systems in industry, medicine, logistics, and many other areas requires careful planning, design, and testing of these systems [1-5]. One of most important tools for this is robotics platforms (simulators) that allow you to reproduce complex robot scenarios in virtual environment.

The problem is that there are large number of platforms, each with its own unique capabilities, but not all of them are suitable for specific tasks or types of robots. The relevance of using simulation platforms is driven by need to reduce risks in development of robotic systems, optimize testing processes, and reduce cost of creating physical prototypes. In addition, simulators allow engineers to experiment with different configurations and scenarios, which significantly speeds up development process and improves quality of final product.

The need to choose right simulator makes it important to conduct comparative analysis of different platforms to choose most effective one for solving specific engineering problems. This approach not only saves resources but also increases reliability and functionality of robotic systems. Robotic modeling is creation of physical prototypes at early stages of development. This allows you to identify potential problems and optimize design before mass production begins. However, creating physical prototypes can be expensive and time-consuming process, which emphasizes importance of using simulators effectively to minimize number of physical prototyping iterations.

This study focuses on comparative analysis of three leading robotics simulators: Webots, CoppeliaSim, and Gazebo. The aim of study is to comprehensively examine and evaluate capabilities of these platforms for solving various tasks in field of robotics.

Let's start with CoppeliaSim, formerly known as V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform), which is one of best choices for modeling and

developing robotic systems at various stages of their creation. This platform is designed to model, test, and optimize robotic systems in virtual environment.

The advantage of CoppeliaSim platform is ability to simulate many robots simultaneously, which is extremely useful for developing complex robotic systems such as multitasking robotic systems or autonomous vehicles. CoppeliaSim supports integration with other software tools, such as ROS (Robot Operating System), which expands its capabilities in context of developing complex robotic systems.

Next, let's take look at Gazebo, powerful and widely used robotics modeling platform. Gazebo is known for its ability to provide accurate physical simulation and realistic environment reproduction, making it ideal tool for testing and developing complex robotic systems. One of the main advantages of Gazebo is its tight integration with ROS. Gazebo also supports simulation of large number of robots and sensors simultaneously, which allows you to reproduce complex scenarios such as cooperative work of several robots or navigation in dynamic environments. In addition, platform supports customization and addition of new physical models, which provides high flexibility for different types of robots and their operating conditions. Another important feature of Gazebo is its ability to work in real time, which allows testing robot control algorithms and responses to changes in environment in much same way as it would happen in real life.

Let's move on to analysis of Webots, another popular platform in field of robotics modeling, which is distinguished by its versatility and powerful capabilities for modeling robotic systems. Webots supports simulation of variety of robotic platforms, including ground, aerial, and underwater robots. One of main advantages of Webots is its user-friendly interface, which allows users to easily create and modify three-dimensional models of robots and their environment. Webots also has large library of ready-made robot models and environments, which greatly simplifies modeling process and allows you to focus on developing algorithms and robot behavior. Comparison of key characteristics shown in Table 1.

Table 1 shows that CoppeliaSim is notable for its versatility, in particular due to its support for multiple physics engines and powerful graphical interface. Although it has high entry threshold, which can be challenge for beginners, its integration with ROS makes it attractive choice for professionals. Gazebo has highest level of integration with ROS and active community, making it ideal choice for users working with ROS. Webots is suitable for educational purposes due to its ease of use and intuitive interface, but its capabilities for extending and integrating with ROS are somewhat limited compared to other platforms. Our comparative analysis of robotics platform in Fig. 1.

This work provides in-depth analysis of three popular robotics platforms: Webots, CoppeliaSim (formerly known as V-REP), and Gazebo. The study

includes detailed overview of each simulator characteristics, their capabilities and limitations.

Table 1 – Comparison of key robotics platform characteristics

Platform/ characteristics	CoppeliaSim	Gazebo	Webots
Integration with ROS	Full integration	Full integration	Integration at average level
Ease of use	High entry threshold, but great opportunities	Average entry threshold	High, especially for educational purposes
Graphical interface	Intuitive and rich in features. Flexible interface with many customizable windows.	Simple, focused on efficiency. Minimalistic interface focused on 3D visualization.	Simple, focused on efficiency. Minimalistic interface focused on 3D visualization.
Licensing	Commercial and free versions	Open source (Apache 2.0)	Commercial version, free for academic use
Modeling of sensors	Variety of sensors with high level of customization.	Wide range of sensors with possibility of expansion.	Large number of ready-made sensors.
Modeling of physics	Bullet, ODE, Newton, Vortex	Bullet, DART, ODE, Simbody	Bullet, ODE.
Supported operating systems	Windows, macOS, Linux	Windows, Linux, macOS (through WSL)	Windows, macOS, Linux
Support for programming languages	C/C++, Java, Python, Lua	C++, Python, ROS	C, C++, Java, Python, Matlab

A comparative analysis of key aspects of these platforms is carried out. In addition, paper highlights specifics of each simulator in terms of robots types that can be modeled, environment creation capabilities, simulation speed and accuracy, and their applications in education and research. This study will provide users, both students and professionals, with valuable information to select most appropriate simulator for their specific needs and objectives. Understanding strengths and limitations of each platform will help to optimize workflow, increase development

efficiency, and provide more accurate simulation results in various areas of robotics.

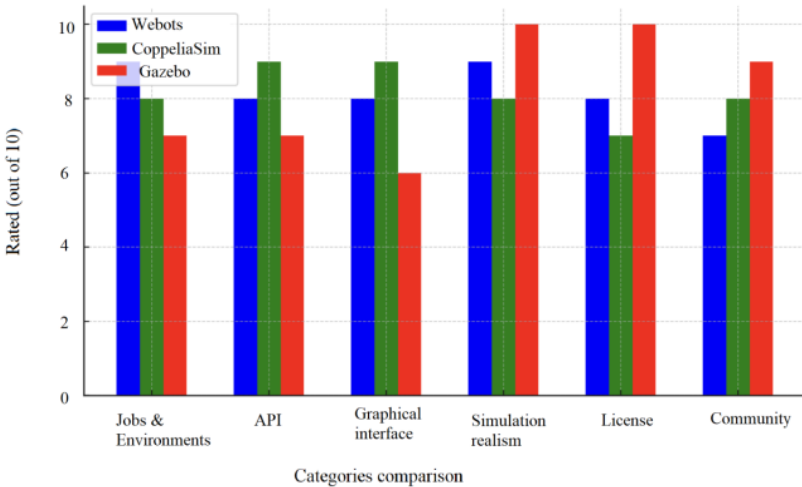


Figure 1 – Comparative analysis of robotics platform

In addition, paper provides recommendations for choosing simulator for different tasks, which can greatly facilitate decision-making process for users with different levels of experience and different purposes for using robotics platforms.

Webots is characterized by ease of use and good performance. CoppeliaSim offers most flexibility and customization options. Gazebo stands out for its close integration with ROS and open source. The choice of platform depends on specific project objectives, user experience, and integration requirements with other systems. Each of platforms in question has its own strengths and may be best choice depending on specifics of application.

## REFERENCES

1. S. V. Sotnik, “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.* 2024, pp. 20-22.
2. S. V. Sotnik, “Safe cobots in development of industrial robotics. Diss. Barca Academy Publishing,” *The 8th International scientific and practical conference “European scientific congress”*. 2023, pp. 201-205.

3. S. V. Sotnik, "Modeling design of mobile robotic platform," *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.* 2024, pp. 481-482.

4. I. С. Зарубін, "Ефективність використання роботизованих систем у виробництві," *Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2024: матеріали I-ої Всеукраїнської конференції, Харків, 16-17 травня 2024 (CITAR-2024).* 2024, pp. 150-153.

5. V. Lyashenko, et al., "Modern walking robots: a brief overview," *International Journal of Recent Technology and Applied Science.* 2021, vol. 3(2), pp. 32-39.

УДК 621.3.095.2

Gurin Dmitro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> senior teacher at Kharkiv National University of Radio Electronics

## **KEY FEATURES AND DIFFERENCES BETWEEN INDUSTRY 5.0 AND INDUSTRY 4.0**

Industrial revolutions play a key role in shaping modern society and its economy. With each new stage of technological change, industry has undergone significant transformations that have affected not only production processes but also society as a whole. In the 21st century, these changes have become more dynamic, and we are gradually moving from Industry 4.0 to Industry 5.0. But what is this new industrial revolution and what are its differences from the previous one?

This article analyzes the concepts of Industry 4.0 and 5.0, their key differences, technological innovations, and the impact on the human factor and the global economy.

Industry 4.0, or the fourth industrial revolution, is a concept that involves the integration of cyber-physical systems into production processes. The main components of Industry 4.0 are the Internet of Things (IoT), big data, artificial intelligence (AI), autonomous systems, robotics, and automation. Industry 4.0 aims to create smart factories where machines, systems and people work together to optimize productivity and reduce costs [1].

Key characteristics of Industry 4.0:

1. Increase the use of robots and automatic systems to perform routine tasks;
2. Creation of virtual copies of physical objects, which allows you to model and control their functioning;
3. Connecting devices and systems to a single network that allows you to transfer and analyze data in real time;
4. Big data analysis for decision-making in automated systems;