

## **ДОДАТОК А**

Опубліковані результати

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки  
(КІТАР)



## **МАТЕРІАЛИ**

**II Всеукраїнської конференції  
«Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки»  
(Computer-integrated technologies, automation and robotics)**

**CITAR`25**

**16-17 травня 2025**

[електронне видання]

Харків 2025

**УДК: 005:004.896:62-65:338.3**

Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2025: матеріали II-ї Всеукраїнської конференції, Харків, 16-17 травня 2025.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2025. – 132 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним автоматизованим технологіям Industry 4.0 та їх впровадження; інформаційні управляючі системи технологічного призначення; математичні методи в системах автоматизації; розробка та програмування в робототехніці; штучний інтелект та машинне навчання в автоматизації; інтеграція технологій у виробництві та промисловості; сенсорні технології та взаємодія людини з роботами в Industry 5.0; ефективність використання роботизованих систем у виробництві; етика та правові аспекти в робототехніці; Інтернет речей та Інтегровані системи в комп'ютерно-інтегрованих технологіях, автоматизації та робототехніки; технологічні виклики та інновації у світі робототехніки.

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

Computer-integrated technologies, automation and robotics 2025: Proceedings of II st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, May 16-17, 2025: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2025. - 132 p.

The collection includes abstracts devoted to modern automated technologies of Industry 4.0 and their implementation; information control systems for technological purposes; mathematical methods in automation systems; development and programming in robotics; artificial intelligence and machine learning in automation; integration of technologies in production and industry; sensor technologies and human interaction with robots in Industry 5.0; efficiency of using robotic systems in production; ethics and legal aspects in robotics; Internet of Things.

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

## ЗМІСТ

<i>O.O. Chala , D.O. Kryvenko</i> Challenges and trends of automation of logistics processes in bond warehouses using INDUSTRY 5.0 concepts .....	6
<i>М. Ю. Лазаренко, В. В. Євсєєв, О.М. Цимбал</i> Ефективність використання роботизованих систем у виробництві .....	9
<i>Vladyslav Yevsieiev</i> Using multi-agent systems in the management of collaborative robots .....	13
<i>Svitlana Starykova</i> Using free web applications for designing mobile robots in general secondary education institutions (GSEI) .....	18
<i>Тищенко Ю.О. , С.В. Хрустальова</i> Аналіз баз даних систем автоматизації .....	23
<i>М. S. Achkan, S. V. Sotnik</i> Integration of cloud technologies into modern SCADA systems: prospects and challenges ...	26
<i>Берест Б.Р. Гурін Д.В.</i> Актуальність віртуалізації гнучких виробничих дільниць на виробництві .....	30
<i>Бєлий Я.В, Сичова О.В.</i> Розпізнавання голосу за допомогою офлайн-бібліотеки VOSK в робототехніці .....	34
<i>Ігор Голод</i> Кіберфізичні системи в управлінні мікрокліматом: аналіз сучасних підходів .....	38
<i>Гурін Д.В.</i> Індустрія 5.0 та колаборативні роботи: перспективи та виклики .....	43
<i>Дихтенко А.І. Гурін Д.В.</i> Аналіз сучасних систем моніторингу та аналізу даних на виробництві .....	47
<i>М.Ю. Білоусов, М.Г. Стародубцев, С.В. Шибанов</i> Метод покращення стратегії керування технологічними процесами .....	50
<i>С.О. Єрофєєв Д.В. Гурін</i> Автоматичні диспенсери для ліків: сучасний стан та перспективи розвитку .....	57
<i>В.Я. Коваленко</i> Інтелектуальні SCADA–системи .....	60
<i>О. R. Kolbasa, S. V. Sotnik</i> The significance and necessity of automating the selection of sensors and actuators .....	63
<i>А. Konieva, S. Sotnik</i> Main trends in the development of automated image processing systems .....	68
<i>Д.В. Лукієнко, Д.В. Гурін</i> Аналіз технологій для вебсайту-помічника абітурієнта: чому Next.JS та Google габлиці – оптимальне рішення .....	73
<i>Г.С. Макаренко, М.Г. Стародубцев, С.В. Шибанов</i> Вибір керуючих впливів на основі оперативної ідентифікації технологічного об'єкту ...	76
<i>R.V. Marunich, S. V. Sotnik</i> Features of IOT application in the security sector .....	80
<i>К. А. Polikanov, S.V. Sotnik</i> Overview of modern technologies for residential automation .....	85

<i>О.Ю. Посашков, О.М. Цимбал</i>	
Аналіз систем динамічного планування виробництва в умовах невизначеності.....	90
<i>Д.Є. Проценко</i>	
Порівняння методів взаємодії з асистентами .....	93
<i>Пустовойтенко Ф.А.</i>	
Аналіз існуючих рішень серед систем планування ресурсів підприємства та їх проблематики .....	97
<i>М. Rudenko, S. Sotnik</i>	
Overview of algorithmic approaches to forecasting in CRM systems .....	101
<i>О. О. Сириця Д.В Гурін</i>	
Сферичний робот для гуманітарного розмінування: доступне рішення для безпечного майбутнього .....	106
<i>О.В. Суботін, Я.І. Петрухін</i>	
Проектування модулю отримання первинної інформації для систем контролю технологічних параметрів .....	110
<i>А. D. Yechevskyi, S. V. Sotnik</i>	
Research of orientation methods of autonomous mobile robots in industrial conditions .....	115
<i>Юрченко О.Д.</i>	
Роль SCADA-системи з використанням концепції ІОТ .....	120
<i>Д.А. Янушкевич, Л.С. Іванов, К.С. Редькін</i>	
Сучасні технології систем управління якістю Quality 5.0 та їх впровадження на підприємствах .....	125
<i>Б. Місан, І. Невлюдов, О. Рубан</i>	
Перспективи 3D друку усних фільмів .....	129

## RESEARCH OF ORIENTATION METHODS OF AUTONOMOUS MOBILE ROBOTS IN INDUSTRIAL CONDITIONS

**A. D. Yechevskiy, S. V. Sotnik**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: [anatolii.iechevskiy@nure.ua](mailto:anatolii.iechevskiy@nure.ua)

**Annotation:** The work analyzes the main methods of navigation of mobile robots, in particular odometrics, computer vision, artificial markers and tags, lidar, and SLAM. their principles of operation are considered in detail; The advantages and disadvantages of the considered methods of orientation of autonomous mobile robots in industrial conditions are determined.

**Key words:** mobile robots, navigation, markers, artificial intelligence, autonomous systems.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОРІЄНТАЦІЇ АВТОНОМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ У ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ

**А. Д. Єчевський, С. В. Сотник**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: [anatolii.iechevskiy@nure.ua](mailto:anatolii.iechevskiy@nure.ua)

**Анотація:** У роботі проведено аналіз основних методів навігації мобільних роботів, зокрема одометричні, комп'ютерного зору, штучних маркерів та міток, лідарів та SLAM. їх Детально розглянуто принципи роботи; визначено переваги та недоліки розглянутих методів орієнтації автономних мобільних роботів у промислових умовах.

**Ключові слова:** мобільні роботи, навігація, маркери, штучний інтелект, автономні системи.

**RELEVANCE OF THE WORK.** The development of industrial autonomous mobile robots is a key direction of modern robotics [1-9]. In the face of increasing automation of production and service processes, efficient navigation of mobile robots is a critical factor in ensuring their accuracy, performance, and adaptability to changing environments.

The purpose of the study is to analyze the navigation methods of mobile robots, assess their effectiveness and determine the optimal orientation methods for different operating conditions.

**MATERIALS AND RESEARCH RESULTS.** The orientation of autonomous mobile robots is a key element of their effective operation in industrial environments, where accurate positioning, reliable navigation and adaptation to changing environments must be ensured. Next, we will consider the main orientation methods used in modern automated production systems, as well as their analysis taking into account the specifics of industrial environments, such as the presence of dynamic interference, variable lighting conditions and complex geometry of space.

The orientation methods of autonomous mobile robots in an industrial environment can be classified according to several key criteria:

- according to the principle of obtaining information – contact and non-contact;
- by the type of sensors used – optical, electromagnetic, acoustic, inertial;
- if it is necessary to modify the environment – methods that require the installation of additional infrastructure, and methods that work in an unmodified environment;
- by the nature of the information received – absolute (determine the position in the global coordinate system) and relative (determine the change in position relative to the previous state);

- by computational complexity – real-time methods with low requirements for computing resources and resource-intensive methods that require high-performance computing systems.

Consider odometric methods, which are the most fundamental approaches to the orientation of mobile robots. They are based on measuring the rotation of the wheels or the movement of the robot's links to determine the distance traveled and change orientation.

The principle of operation of odometric systems is to count the pulses of encoders mounted on the wheels or axles of the robot. According to the known parameters (wheel diameter, robot base), the distance traveled and the change in orientation are calculated. Modern solutions use:

- optical encoders with a resolution of up to 10000 pulses per revolution;
- magnetic encoders with high resistance to environmental conditions;
- adaptive filtering algorithms to compensate for slippage and surface irregularities.

The advantages of odometric methods have been determined: low cost of sale; minimum computing requirements; high data refresh rate; no need to modify the environment.

The main limitations are: accumulation of error over time and distance traveled; sensitivity to wheel slippage; dependence on the quality of the displacement surface.

Figure 1 shows the principle of operation of an odometric sensor for reading pulses during the rotation of wheels, axles, etc.

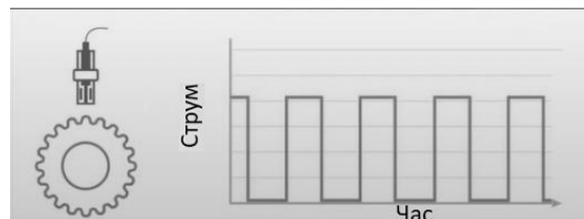


Figure 1 – Pulse reading chart

Next, let's look at computer vision techniques that are based on processing images obtained from cameras to determine the position of the robot and identify objects in space [10]. The basic principle of the method is to analyze visual information to recognize markers, lines, objects or create a map of the environment.

The method uses the following types of cameras: mono cameras for basic object recognition; stereo cameras to assess the depth of the scene; RGB-D cameras for three-dimensional information.

For image processing, algorithms are used, such as: classical computer vision algorithms (SIFT, SURF, ORB) to highlight special points; deep neural networks (CNN, YOLO, SSD) for object recognition; Structure from Motion algorithms for reconstructing a three-dimensional scene. Features of the use of computer vision in industrial settings include:

- high flexibility, which allows the method to be used to recognize complex objects and scenarios, such as the identification of pallets or conveyors;
- sensitivity to changes in lighting, which can be a problem in industrial workshops with insufficient or alternating light;
- significant requirements for the computing platform. The advantages of computer vision systems are: rich information about the environment; the ability to recognize objects and obstacles; relatively low cost of sensors; no need to modify the environment.

The limitations include: sensitivity to lighting conditions; high computational requirements; problems with homogeneous surfaces without texture.

Next, we will consider systems using artificial markers that involve the placement of special marks in the working environment to determine the position of the robot relative to these marks.

The main types of markers used in industrial robotics are:

- RFID tags for radio frequency identification and QR codes and other visual markers;
- ArUco and AprilTag markers optimized for robotics;
- infrared markers resistant to changes in lighting;
- magnetic tapes and marks for precise movement.

Technical characteristics of modern systems with markers: positioning accuracy from  $\pm 1$  mm to  $\pm 5$  cm (depending on the type of markers); reading range from a few centimeters (magnetic markers) to 10+ meters (optical markers); data refresh rate from 10 to 100 Hz; resistance to industrial conditions (dust, vibration, electromagnetic interference).

The advantages of systems using markers are determined: high accuracy and reliability of positioning; relative ease of implementation; low computational requirements; resistance to changes in the environment.

At the same time, the following limitations have been identified: the need for preliminary modification of the environment; limited flexibility when changing routes; Token infrastructure installation and maintenance costs.

The computer vision system from Boston Dynamics, implemented in the Spot mobile robot, provides orientation in warehouses with an accuracy of 3 cm. The system uses a combination of stereo cameras and deep learning algorithms to recognize landmarks and build a real-time map of the environment (Figure 2).



Figure 2 – Spot robot with AprilTag and reflective markers [11]

Methods based on the use of lidar (Light Detection and Ranging) are among the most common for orientation of mobile robots in industrial settings. Lidars measure distances to objects in space using laser beams, creating an accurate map of the environment.

Features of the application of lidars in industrial settings include: high accuracy (up to 1–3 cm), which allows them to be used for navigation in complex environments such as warehouses or workshops; efficiency in low light conditions, which is important for industrial premises; sensitivity to external factors such as dust, smoke or mirror surfaces reflecting laser beams.

The advantages of the method include reliability and accuracy, which makes lidars a major component of orientation systems in autonomous logistics robots. However, drawbacks such as high cost and the need for regular calibration limit their use in budget-friendly systems.

Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) is a method that allows a mobile robot to simultaneously determine its location in space and build a map of an unknown or partially known environment. The basic principle of SLAM is an iterative process in which the robot uses sensor data to assess its position and update the map to account for accumulated errors.

The method is based on the use of different types of sensors, such as:

- lidars (2D or 3D) for measuring distances to objects;
- cameras (mono, stereo or RGB-D) for obtaining visual information;
- ultrasonic sensors for estimating distances in simple environments.

Probabilistic algorithms are used to process data in SLAM, such as: Advanced Kalman Filter (EKF) for position estimation and error correction; Particle Filter for working in complex and nonlinear environments; graph methods (Graph-based SLAM) to optimize the map and trajectory.

Features of SLAM applications in industrial settings include: high accuracy in static environments, which allows the method to be used for navigation in workshops or warehouses with fixed infrastructure; sensitivity to dynamic interference (e.g. people, vehicles), which may require additional filtering algorithms; significant requirements for computing resources, especially when using lidars or high-resolution cameras.

The advantages of the method include the ability to work in unknown environments without prior mapping, which is essential for flexible manufacturing systems. However, disadvantages, such as high computational complexity and sensitivity to changes in the environment, limit its effectiveness in dynamic industrial environments.

The choice of navigation method depends on the specific operating conditions of the robot. SLAM is the most versatile, as it allows you to work in unknown environments, but it has a high computational complexity. Marker-based navigation provides accuracy but requires additional infrastructure. Using a predefined map is the fastest method, but limited to static environments only.

**CONCLUSIONS.** The study found that each orientation method has its own advantages and limitations. Odometric methods are the simplest and cheapest to implement, but their accuracy decreases due to the accumulation of error. Computer vision techniques provide flexibility and rich information about the environment, but require significant computing resources and are sensitive to changes in lighting. Systems using markers provide high accuracy and reliability, but require modification of the environment, which is not always advisable in dynamic industrial environments. Lidar systems demonstrate high accuracy and efficiency even in difficult environments, however, their high cost can be a limiting factor. The practical value of this study lies in the possibility of choosing the most effective method of navigation depending on specific tasks and operating environment. Further research prospects involve the use of artificial intelligence technologies to improve the adaptability of mobile robots to changing environmental conditions. The results obtained can be used to develop new navigation algorithms and improve autonomous mobile robots, which will help increase their reliability and performance in real operating conditions.

#### **REFERENCES:**

1. Yechevskiy A., & et al. (2024). Methods Of Identification Of Objects On Industrial Lines. *International Journal of Academic Engineering Research (IJAER)*. – Vol. 8, Issue 11. – pp. 48-55
2. Sotnik, S. V., & et al. (2024). 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. – pp. 481-482
3. 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
4. Zarubin, I., & et al. (2024). Basic principles of building aerial robots. *Manufacturing & Mechatronic Systems 2024: Proceedings of VIII st International Conference*, Kharkiv, October 25-26. – pp. 32-36
5. Andreiev, A., & et al. (2024). Comparative analysis of robotics platform: Webots, Coppeliastm 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: НУ «Запорізька політехніка». – С. 96-100

6. Lashyn, Z. V., & et al. (2024). 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». – pp. 283-286
7. Lykho, T.A., & et al. (2024). 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». – pp. 645-648
8. 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
9. Yechevskiy A., & et al. (2024). Methods Of Identification Of Objects On Industrial Line. International Journal of Academic Engineering Research (IJAER). – Vol. 8, Issue 11. – pp. 48-55
10. Khalimonov, Y. I. та інші. (2024). Overview of computer vision areas application for inspection and quality control. Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, 20 листоп. 2024 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків. – 117–121
11. Hua S. (2024). Evaluation of selected localization and mapping techniques for the Boston Dynamics Spot robot. Linköping University. – pp. 1-43

**ДОДАТОК Б**

Демонстраційний матеріал

