

Міністерство освіти і науки України



**NURE**

Харківський національний університет  
радіоелектроніки

## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2023**

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2023

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



## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

**«Автоматизація та приладобудування»**

**«Automation and Development of Electronic Devices»**

**ADED-2023**

**(Випуск 2)**

**[електронне видання]**

**Харків 2023**

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Андрусевич Анатолій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
- Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
- Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
- Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
- Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
- Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
- Демська Наталія Павлівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 386с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2023. – 386p with.

Рекомендовано рішенням  
Науково-технічної ради  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради  
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол № 6 від 01.05.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

## СХЕМА КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМИ РОБОТАМИ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛЬНИХ ОЗНАК

**М. Коваленко**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

Email: maksym.kovalenko1@nure.ua

**Анотація:** Дана стаття спрямована на розробку структурної схеми керування транспортними роботами на основі візуальних ознак. Проведено аналіз існуючих методів керування транспортними роботами, які ґрунтуються на методі візуальних ознак, що дозволило обрати для реалізації поставленої задачі метод самонавігації за точками орієнтиру на базі QR-кодів. Запропоновані апаратні модулі для реалізації системи керування та розроблено та описано принцип функціонування структурної схеми керування транспортними роботами в умовах виробництва з використанням QR-кодів.

**Ключові слова:** транспортний робот, система керування, QR-коди, команди керування, структурна схема.

## DIAGRAM OF THE TRANSPORT WORKS MANAGEMENT SYSTEM BASED ON VISUAL SIGNS

**M. Kovalenko**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

Email: maksym.kovalenko1@nure.ua

**Annotations:** This article is aimed at developing a structural scheme for managing transport works based on visual signs. An analysis of the existing methods of managing transport works, which are based on the method of visual signs, was carried out, which made it possible to choose the method of self-navigation by reference points based on QR codes for the implementation of the given task. Hardware modules for the implementation of the control system are proposed, and the principle of operation of the structural scheme for managing transport works in production conditions using QR codes is developed and described.

**Key words:** transport robot, control system, QR codes, control commands, structural diagram.

Метод візуальних ознак (або візуального визначення) в області обробки зображень та комп'ютерного зору полягає у використанні візуальних даних, таких як зображення або відео, для виняткового розпізнавання об'єктів, шаблонів або характеристик у візуальному спектрі. Цей метод може включати в себе використання різних технік та алгоритмів для обробки зображень, виявлення особливостей та визначення певних ознак об'єктів [1].

Використання методу візуальних ознак для керування транспортними роботами є актуальним і перспективним напрямком в розвитку автономної транспортної системи. Перш за все, цей метод дозволяє роботам отримувати реальну інформацію про оточуюче середовище, враховуючи змінні умови дорожнього руху. Візуальні ознаки, такі як дорожні знаки, лінії або QR-коди, які можуть служити ключовими даними для навігації робота та дотримання правил руху. Крім того, використання візуальних ознак може сприяти вдосконаленню систем уникнення перешкод, побудови нових маршрутів переміщення, що робить транспортні роботи більш безпечними та ефективними. За допомогою алгоритмів обробки зображень система може розпізнавати не лише команди, а й пішоходів, інші транспортні засоби та динамічні зміни у середовищі. Це сприяє розвитку технологій автономного руху та покращенню

мобільності у робочому просторі робота, зменшуючи залежність від оператора та сприяючи розвитку безпечних та ефективних транспортних систем в концепції Industry 5.0 [2-3].

На даній момент часу існують наступні методи керування транспортними роботами, які ґрунтуються на методі візуальних ознак, які представлені в таблиці 1 [4-5].

Таблиця 1 – Аналіз існуючих методів керування транспортними роботами, які ґрунтуються на методі візуальних ознак

Метод	Опис
Розпізнавання дорожніх знаків та сигналізацій	Використання камер для розпізнавання дорожніх знаків, світлофорів та інших дорожніх сигналів. Робот може реагувати на зміни в світлосигналізації та відповідно регулювати свою швидкість або рухатися згідно з правилами дорожнього руху
Візуальна навігація за лініями	Використання візуальних ознак, таких як лінії на дорозі, для навігації. Робот може слідувати за лініями, утримуючись в межах доріг та автоматично коригуючи свій маршрут
Розпізнавання об'єктів і пішоходів	Використання комп'ютерного зору для розпізнавання об'єктів, таких як інші транспортні засоби, пішоходи та перешкоди. Робот може адаптувати свою траєкторію та швидкість, уникаючи можливих колізій
Самонавігація за точками орієнтиру	Використання візуальних ознак або QR-кодів як точок орієнтиру для самонавігації. Робот може реагувати на ці точки та виконувати певні дії відповідно до закодованих в них команд
Реалізація семантичного картографування	Використання візуальних ознак для створення семантичних карт середовища. Робот може використовувати цю інформацію для оптимізації маршруту та ефективної навігації
Визначення рухомих об'єктів	Розпізнавання рухомих об'єктів в реальному часі за допомогою візуальних сенсорів, що дозволяє роботу адекватно реагувати на інші транспортні засоби та уникати конфліктів

Самонавігація за точками орієнтиру виявляється перевагою для керування транспортними роботами в умовах виробництва з огляду на її точність, надійність та невибагливість до інфраструктури. Цей метод дозволяє роботам надійно орієнтуватися в просторі за допомогою фіксованих точок, що особливо важливо в умовах виробничих майданчиків, де вимагається висока точність. Крім того, він забезпечує автономність та самостійність роботів, що може підвищити ефективність виробничих процесів, а також демонструє адаптабельність до змін в середовищі та масштабованість для великих площ. Важливою перевагою є також відсутність залежності від освітлення, що робить цей метод ефективним у різних умовах освітлення на виробництві. В наслідок цього в рамках даних досліджень пропонується використовувати для розробки системи керування транспортними роботами в умовах виробництва візуальні ознаки у вигляді QR-кодів. Приклад реалізації QR-кодів з командами для транспортного робота приведений на рисунку 1 [6-7].



a)

б)

с)

а) команда «Stop»; б) команда «Left turn»;

с) команда «Move forward 50 meters, then turn right and stop»

Рисунок 1 – Приклад реалізації QR-кодів з командами для транспортного робота

Для реалізації системи керування транспортними роботами в умовах виробництва візуальні ознаки у вигляді QR-кодів необхідно розробити загальну структурну схему, на базі якої можливо обрати апаратні модулі, та мікропроцесорний модуль керування. Але перед вибором апаратних модулів необхідно провести аналіз базових параметрів які потрібні для реалізації системи керування транспортними роботами в умовах виробництва на базі QR-кодів. Необхідні базові параметри для реалізації системи керування транспортними роботами приведені в таблиці 2 [8-9].

Таблиця 2 – Вимоги до параметрів апаратних модулів для реалізації системи керування транспортними роботами за допомогою QR-кодів.

Параметр	Опис
Швидкодія	Апаратні модулі повинні забезпечувати достатню швидкість обробки та розпізнавання візуальних ознак, оскільки система повинна діяти в реальному часі
Висока роздільна здатність	Камери та візуальні сенсори повинні мати достатню роздільну здатність для точного розпізнавання QR-кодів та інших деталей навколишнього середовища
Інтерфейси зв'язку	Модулі повинні підтримувати потрібні інтерфейси зв'язку для взаємодії з іншими системами та обміну даними
Енергоефективність	З урахуванням того, що роботи можуть функціонувати довгий час безперервно, апаратні модулі повинні бути енергоефективним
Масштабованість	Система повинна бути здатною легко масштабуватися для вирішення зростаючих завдань та обсягів виробництва

Виходячи з вимог до параметрів апаратних модулів (табл.2), для розробки структури схеми керування транспортними роботами в умовах виробництва на базі QR-кодів, пропонується обрати наступні апаратні модулі, які представлені на рисунку 2 [10-12].



а) Raspberry Pi 4 model B (8Gb); б) Камера Waveshare RPi IR-CUT Camera;  
 в) Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04; г) Драйвер двигуна L298N.

Рисунок 2 – Обрані апаратні модулі для розробки структури схеми керування транспортними роботами в умовах виробництва

Виходячи з обраних апаратних модулів, можливо розробити структуру схеми керування транспортними роботами в умовах виробництва. Загальна структурна схема керування представлена на рисунку 3.

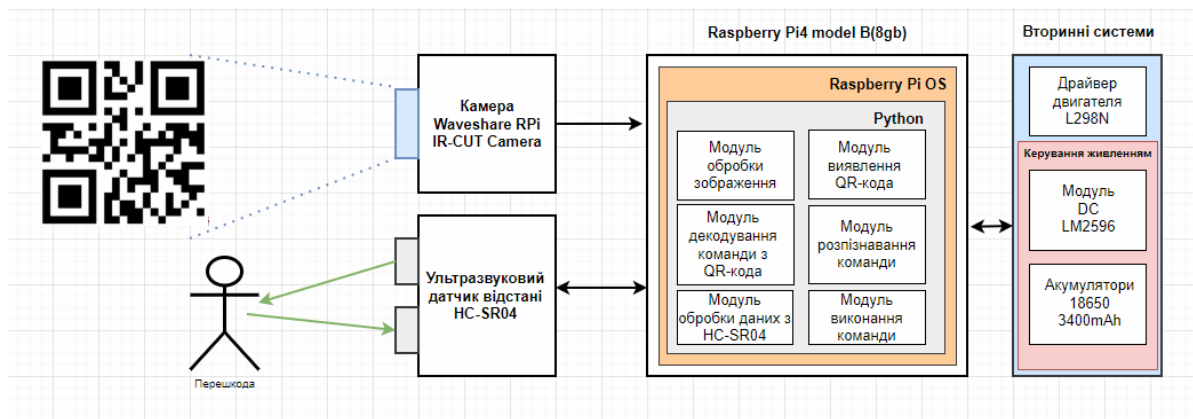


Рисунок 3 – Загальна структурна схема керування транспортними роботами в умовах виробництва з використанням QR-кодів

Як можна бачити, принци системи керування транспортними роботами в умовах виробництва з використанням QR-кодів побудовано наступним чином: завдяки камері Waveshare RPi IR-CUT Camera, отримуємо потокове відео навколишнього середовища транспортного робота. Далі, модуль обробки зображень обробляє потокове відео та передає отримані дані в наступний етап, «модуль виявлення QR-коду». Завдяки цьому проводиться ідентифікація та розпізнавання наявності QR-коду у потоковому відео. При виявленні QR-коду, проводиться вибір кадру, який у вигляді jpg-файлу передається в модуль декодування команд з QR-коду. Отримавши інформацію у вигляді команди, у вигляді строки, дані надходять в модуль розпізнавання команд, в якому отримані дані порівнюється з існуючими командами та обертається скрипт керування. Отриманий скрипт передається на модуль виконання команди, що приводить до виконання транспортними роботами команди, отриманої з QR-коду [13-14].

Висновки: В рамках проведеного дослідження було проведено аналіз існуючих методів керування транспортними роботами, які основані на методі візуальних ознак, що дозволило обрати для реалізації поставленою задачі метод самонавігації за точками орієнтиру на базі QR-кодів. Виходячи з цього, було обрано та досліджено вимоги до параметрів апаратних модулів для реалізації системи керування транспортними роботами за допомогою QR-кодів, що дозволило обрати апаратні модулі. На базі обраних апаратних модулів було розроблено та описано принцип функціонування структурної схеми керування транспортними роботами в умовах виробництва з використанням QR-кодів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Kechen Song; Jie Wang; Yanqi Bao; Liming Huang; Yunhui Yan. (2023). A Novel Visible-Depth-Thermal Image Dataset of Salient Object Detection for Robotic Visual Perception. In IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. Volume: 28, Issue: 3, Page(s): 1558 – 1569. DOI: 10.1109/TMECH.2022.3215909
2. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94
3. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS USED IN INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0. Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ», (September 29, 2023; Bologna, Italy), 113–115. <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>
4. Conveyor Belt Object Identification: Mathematical, Algorithmic, and Software Support / V. V. Yevsieiev, I. S. Nevliudov, S. S. Maksymova, M. A. O. Omarov, O. M. Klymenko // Appl. Math. Inf. Sci. 17, No. 6. - P. 1073-1088.
5. Attar, H., & et al. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.
6. Attar, H., & et al. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
7. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.
8. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.
9. Vladyslav Yevsieiev, Nikolaj Starodubcev (2023). Development of a control algorithm for a small-sized mobile manipulation robot. Scientific Collection «InterConf», (140), P. 648-651.
10. A Small-Scale Manipulation Robot a Laboratory Layout Development / Yevsieiev V., Starodubcev N., Maksymova S., Stetsenko K. // International independent scientific journal, №47, 2023. P.18-28.
11. Yevsieiev V. Development of Architecture for Mobile Robot Control Based on Raspberry Pi Model 3 B+ / V. Yevsieiev, A. Skripkin // Scientific Horizon in the Context of Social Crises: The XI International Scientific and Practical Conference, April 6-8, 2022. – Tokyo, Japan, 2022. – P. 274–277.
12. Mykhailo Akopov, Svitlana Maksymova, & Vladyslav Yevsieiev. (2023). Choosing a Camera for 3D Mapping. Journal of Universal Science Research, 1(11), 28–38. Retrieved from <https://universalpublishings.com/index.php/jusr/article/view/2486>
13. Nevliudov Igor, Yevsieiev Vladyslav, Maksymova Svitlana, & Klymenko Oleksandr. (2023). Development of a Hardware Module for Programming Microcontrollers Based on the Cortex-M Architecture. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 3(3), 171–181.
14. Nevliudov Igor, Maksymova Svitlana, Yevsieiev Vladyslav, & Klymenko Oleksandr. (2023). Using Mecanum Wheels for Radio Shuttle. Multidisciplinary Journal of Science and Technology, 3(3), 182–187.