

## РОЗРОБКА МАКЕТУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ «SMART PARKING»

**Ю.М. Мірошніченко Д.В. Гурін**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: [yulii.miroshnychenko@nure.ua](mailto:yulii.miroshnychenko@nure.ua), [dmytro.gurin@nure.ua](mailto:dmytro.gurin@nure.ua)

**Анотація:** розглянуто проблему ефективного використання паркувального простору в умовах сучасних міст. Запропоновано систему автоматизованого паркування «Smart Parking» на основі технологій Інтернету речей. Описано принцип роботи системи, її структуру та основні переваги.

**Ключові слова:** smart parking, Інтернет речей, автоматизація, ультразвукові датчики, паркувальні системи.

## DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF THE "SMART PARKING" AUTOMATED PARKING SYSTEM

**Y. M. Miroshnychenko D.Gurin**

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave. 14

E-mail: [yulii.miroshnychenko@nure.ua](mailto:yulii.miroshnychenko@nure.ua), [dmytro.gurin@nure.ua](mailto:dmytro.gurin@nure.ua)

**Annotation:** The work examines the problem of efficient use of parking space in modern cities. A prototype of the "Smart Parking" automated parking system based on Internet of Things (IoT) technologies is proposed. The principle of the system's operation, its structure, and main advantages are described.

**Keywords:** smart parking, Internet of Things, automation, ultrasonic sensors, parking systems.

У сучасних містах кількість транспортних засобів постійно зростає, що призводить до значних труднощів із пошуком вільних паркувальних місць. Водії часто витрачають значну кількість часу на пошук місця для паркування, що негативно впливає на транспортну ситуацію в місті та збільшує рівень заторів. За статистикою, до 30% трафіку у великих містах становлять автомобілі, які шукають місце для паркування.

Ця проблема також спричиняє підвищення рівня забруднення повітря та нераціональне використання ресурсів. Тому актуальним є впровадження автоматизованих систем паркування, які дозволяють ефективно управляти паркувальним простором.

Метою роботи є розробка макету автоматизованої системи паркування «Smart Parking», яка дозволяє визначати наявність вільних місць та передавати інформацію користувачам у режимі реального часу.

Система «Smart Parking» базується на використанні технологій Інтернету речей, що дозволяють об'єднати фізичні пристрої, сенсори та обчислювальні модулі в єдину інформаційну мережу для збору, передачі та обробки даних у режимі реального часу. Основною метою системи є автоматичне визначення стану паркувальних місць та оперативне інформування користувачів.

Структурно система складається з декількох взаємопов'язаних рівнів: сенсорного, обчислювального та прикладного. На сенсорному рівні використовуються ультразвукові датчики, які встановлюються безпосередньо на кожному паркувальному місці. Дані датчики здійснюють вимірювання відстані до об'єкта, що дозволяє визначити наявність або відсутність транспортного засобу.

Принцип роботи ультразвукового датчика базується на вимірюванні часу проходження звукової хвилі від передавача до об'єкта та назад. Визначення відстані до об'єкта здійснюється за формулою:

$$S = \frac{vT}{2}; \quad (1)$$

де  $v$  – швидкість поширення звуку в середовищі,  $T$  – час проходження сигналу до об'єкта і назад.

Отримане значення відстані аналізується мікроконтролером: якщо відстань менша за заданий поріг, система визначає місце як зайняте, в іншому випадку – як вільне. Такий підхід забезпечує достатню точність і надійність визначення стану паркувального місця.

На обчислювальному рівні використовується мікроконтролер Arduino UNO, який здійснює первинну обробку сигналів із датчиків, а також одноплатний комп'ютер Raspberry Pi, що виконує функції центрального вузла системи. Raspberry Pi забезпечує збір даних з усіх сенсорів, їх узагальнення та передачу до хмарного середовища для подальшого зберігання і обробки.

Передача даних між компонентами системи може здійснюватися через мережеві інтерфейси, що забезпечує гнучкість конфігурації та можливість масштабування системи. Зібрана інформація надходить до хмарного сховища, де формується база даних про стан паркувальних місць.

Загальна структурна схема системи наведена на рисунку 1. Вона відображає взаємодію між сенсорними елементами, обчислювальними пристроями та користувацьким інтерфейсом.

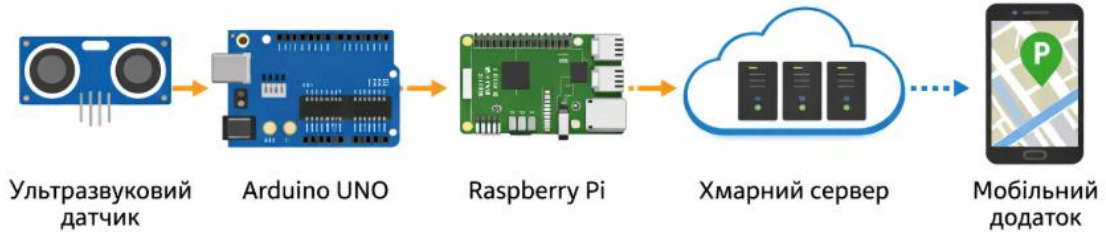


Рисунок 1 – Структурна схема системи Smart Parking

Користувач отримує доступ до інформації через веб-додаток або мобільний пристрій. Інтерфейс системи дозволяє в режимі реального часу переглядати зайнятість паркувальних місць, що значно скорочує час пошуку вільної парковки та підвищує ефективність використання інфраструктури.

Принцип побудови системи «Smart Parking» ґрунтується на використанні сенсорних технологій, обробці даних у реальному часі та інтеграції з хмарними сервісами, що забезпечує високу ефективність, масштабованість та зручність експлуатації.

Для оцінки ефективності сучасних систем паркування доцільно розглянути основні підходи до їх автоматизації. Залежно від ступеня участі людини в процесах керування, обліку та обслуговування, автоматизовані системи паркування умовно поділяються на повністю автоматизовані та частково автоматизовані.

Повністю автоматизовані системи передбачають мінімальне або повне усунення людського фактору з процесів функціонування. У таких системах усі операції, включаючи в'їзд і виїзд транспортних засобів, контроль доступу, облік часу перебування, розрахунок вартості та

здійснення оплати, виконуються автоматично за допомогою апаратно-програмних засобів. Це дозволяє значно підвищити швидкість обслуговування, зменшити ймовірність помилок та забезпечити високу пропускну здатність паркувальних комплексів.

Крім того, повністю автоматизовані системи можуть інтегруватися з іншими інформаційними сервісами, такими як мобільні додатки, системи навігації та платіжні платформи. Це забезпечує користувачам додаткові можливості, зокрема попереднє бронювання місць, безконтактну оплату та отримання інформації про стан паркування в режимі реального часу.

Разом з тим, впровадження таких систем потребує значних фінансових витрат, пов'язаних із закупівлею обладнання, розробкою програмного забезпечення та обслуговуванням інфраструктури. Також необхідно враховувати складність налаштування та потребу у кваліфікованому технічному персоналі.

Частково автоматизовані системи, у свою чергу, передбачають використання технічних засобів у поєднанні з участю людини. Наприклад, автоматизованим може бути процес в'їзду транспортного засобу, тоді як оплата або контроль здійснюється оператором. Такі системи є більш доступними з економічної точки зору та простішими у впровадженні.

Однак наявність людського фактору знижує загальну ефективність роботи системи, оскільки можливі затримки при обслуговуванні, помилки при обліку даних та обмеження пропускну здатності. Крім того, такі системи менш гнучкі щодо інтеграції з сучасними цифровими сервісами.

З метою узагальнення основних характеристик розглянутих підходів проведено їх порівняння за ключовими параметрами, результати якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння типів автоматизованих парковок

Параметр	Повна автоматизація	Часткова автоматизація
Людський фактор	Відсутній	Присутній
Швидкість роботи	Висока	Середня
Пропускна здатність	Висока	Обмежена
Вартість впровадження	Висока	Нижча

Повністю автоматизовані системи мають суттєві переваги за показниками швидкості роботи та пропускну здатності, що особливо важливо для великих міських паркувальних зон із високою інтенсивністю руху. Водночас частково автоматизовані рішення можуть бути доцільними для невеликих парковок або об'єктів із обмеженим бюджетом.

**ВИСНОВКИ.** Розроблений макет системи «Smart Parking» являє собою навчальний прототип автоматизованої системи керування паркувальним простором, який демонструє принципи роботи сучасних IoT-рішень. Макет включає структурну схему системи, алгоритм обробки даних із сенсорів та модель передачі інформації користувачу в режимі реального часу. Такий підхід дозволяє дослідити роботу системи без необхідності створення повноцінної інфраструктури міської парковки.

Основною перевагою запропонованої системи є автоматичне визначення стану паркувальних місць без участі людини. Використання ультразвукових датчиків забезпечує достатню точність визначення наявності автомобіля, а застосування мікроконтролера дозволяє швидко обробляти отримані дані. Завдяки цьому система може функціонувати в реальному часі та оперативно передавати інформацію користувачам.

Ще однією важливою перевагою є можливість масштабування системи. Запропонований макет має модульну структуру, що дозволяє легко додавати нові датчики або розширювати

зону покриття без суттєвих змін у загальній архітектурі. Це робить систему придатною для використання як на невеликих парковках, так і на великих міських паркувальних майданчиках.

Крім того, система може бути інтегрована в концепцію «розумного міста», де вона буде взаємодіяти з іншими інформаційними сервісами. Зокрема, можливе підключення до мобільних додатків, навігаційних систем та сервісів безконтактної оплати. Це дозволить значно підвищити зручність користування паркувальними зонами та зменшити час пошуку вільного місця.

Перспективним напрямом розвитку системи є використання алгоритмів аналізу даних для прогнозування завантаженості парковок. На основі накопиченої статистичної інформації можна передбачати найбільш завантажені години та оптимізувати використання паркувального простору. Також можливим є впровадження функції бронювання паркувальних місць і автоматичного керування доступом до парковки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Channamallu, S. S., Kermanshachi, S., Rosenberger, J. M., & Pamidimukkala, A. (2025). Smart parking systems: A comprehensive review of digitalization of parking services. *Green Energy and Intelligent Transportation*, 100293.
2. Knights, V., Petrovska, O., Bunevska-Talevska, J., & Prchkovska, M. (2025). Machine learning models and mathematical approaches for predictive IoT smart parking. *Sensors*, 25(7), 2065.
3. Priyadarshi, S., Subudhi, S., Kumar, S., Bhardwaj, D., & Mohapatra, H. (2025). Analysis on enhancing urban mobility with IoT-integrated parking solutions. In *Interdisciplinary approaches to transportation and urban planning* (pp. 143-172). Igi Global.
4. Channamallu S. S., Kermanshachi S., Rosenberger J. M., Pamidimukkala A. Smart parking systems: A comprehensive review of digitalization of parking services // *Green Energy and Intelligent Transportation*. – 2025. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geits.2025.100293>
5. Shalini M. K., Hanumanthappa J., Santhosh Kumar K. S., Shiva Prakash S. P. AI-powered hybrid smart parking: Optimizing parking management across diverse applications in smart cities // *Procedia Computer Science*. – 2025. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.385>
6. Khan M. O., Raza M. A., Mozumder M. A. I., Azam I. U., Sumon R. I., Kim H. C. A lightweight deep learning and sorting-based smart parking system for real-time edge deployment // *AppliedMath*. – 2025. – Vol. 5, No. 3. – DOI: <https://doi.org/10.3390/appliedmath5030079>
7. Ala'anzyM. A., et al. Real-time smart parking system based on IoT and fog computing // *Scientific Reports*. – 2025. – DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15507-6>
8. Mijayalakshmi S., et al. Smart parking: Intelligent intrusion detection system in vehicular ad-hoc networks // *Automatika*. – 2025. – DOI: <https://doi.org/10.1080/00051144.2025.2476802>
9. Puzio, E., Drożdż, W., & Kolon, M. (2025). The role of intelligent transport systems and smart technologies in urban traffic management in Polish smart cities. *Energies*, 18(10), 2580.
10. da Luz, G. P., Narvaez, A. M. A., Bannwart, T. G., Sato, G. M., Gonzalez, L. F. G., & Borin, J. F. (2026). Spot-Wise Smart Parking: An Edge-Enabled Architecture with YOLOv11 and Digital Twin Integration. arXiv preprint arXiv:2602.01754.
11. Arukonda, S., Jayanth, G. S., Koushik, A. S. S., Sarupya, T., Vijay Kumar, P., & Balananda Reddy, K. (2026). Real-Time Vehicle Number Plate Recognition and Smart Parking Allocation Using YOLOv8 and OCR for Intelligent Urban Mobility. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 1-13.

12. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2025). Development and investigation of vision system for a small-sized mobile humanoid robot in a smart environment. *International Journal of Crowd Science*, 9(1), 29-43. <https://doi.org/10.26599/IJCS.2023.9100018>
13. 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>
14. 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»).
15. Yevsieiev, V., Alkhalaleh, 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. DOI: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13835170>
16. Paidi V., Fleyeh H., Håkansson J., Nyberg R. G. Smart parking sensors, technologies and applications for open parking lots: a review // *IET Intelligent Transport Systems*. – 2023. – Vol. 17, No. 2. – P. 145–162. – DOI: <https://doi.org/10.1049/itr2.12226>
17. Невлюдов І. Ш. Технічне та програмне забезпечення розробки малогабаритного мобільного робота : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, Д. В. Гурін // Кривий Ріг: Криворізький фаховий коледж Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут», 2025. – 355 с. - DOI : <https://doi.org/10.30837/978-617-8332-74-7>.
18. Невлюдов, І., Євсєєв, В., & Гурін, Д. (2025). Математична модель блочного процесного планування в системах алокації завдань між людьми та калаборатівними роботами в рамках індустрій 5.0. *Вісник херсонського національного технічного університету*, 1(1 (92)), 157-163.
19. Nevliudov I. Sh. Adjusting the Movements of the Robotic Platform Through Inverse Kinematics / Igor Nevliudov, Dmytro Gurin, Vladyslav Yevsieiev // *Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs, MC&FPGA-2025 : VII International Scientific and Practical Conference, June 27-28, 2025. – Kharkiv : NURE. – P. 4-8.*
20. Automated Monitoring and Visualization System in Production / V. Lyashenko, Abu-Jassar Amer Tahseen, V. Yevsieiev, S. Maksymova // *Int. Res. J. Multidiscip. Technovation*, 5(6), 09-18.
21. 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.
22. Industry 5.0 та колаборативна робототехніка: динамічний опис навколишнього середовища роботів-маніпуляторів з використанням мови Python: монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С. С. Максимова. – Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2026. – 279 с. <https://doi.org/10.30837/978-617-8332-95-2>
23. Nevliudov , I. ., Yevsieiev , V. ., Maksymova , S. ., Gopejenko , V. ., & Kosenko , V. . (2025). DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SUPPORT FOR ADAPTIVE CONTROL FOR THE INTELLIGENT GRIPPER OF THE COLLABORATIVE ROBOT MANIPULATOR. *Advanced Information Systems*, 9(3), 57–65. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.3.07>
24. Невлюдов, І. Ш., Євсєєв, В. В., & Гурін, Д. В. (2025). МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БЛОЧНОГО ПРОЦЕСНОГО ПЛАНУВАННЯ В СИСТЕМАХ АЛОКАЦІЇ ЗАВДАНЬ МІЖ ЛЮДЬМИ ТА КАЛАБОРАТИВНИМИ РОБОТАМИ В РАМКАХ ІНДУСТРІЙ 5.0. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 1(1 (92)), 157-163. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.1.20>