

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту
Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій
Кафедра інформаційних технологій

До захисту допустити
Завідувач кафедри ІТ,
д.т.н., проф., Каргін А.О.

14 червня 2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: Система керування колісним роботом що локалізує на маршруті
джерело світла за даними датчиків інтенсивності світла

Здобувач ступеня бакалавра
Студент 4-го курсу
109-ТШІ-Д21 групи
Галузь знань 12 Інформаційні технології
Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології
Освітньо-професійна програма Технології штучного інтелекту (ТШІ)

Лебедько Ілля Олександрович
(прізвище та ініціали)

Керівник Каргін Анатолій Олексійович
(ПІБ)

д.т.н., професор, завідувач кафедри ІТ УкрДУЗТ
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

Рецензент Ковтун Ірина Володимирівна
(ПІБ)

к.т.н., доцент кафедри «Транспортний зв'язок» УкрДУЗТ
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

Оцінка (ECTS) _____

м. Харків - 2025 рік

Наступні сторінки пояснювальної записки недоступні для перегляду – 2, 4, 10-43, 48-59.

DO NOT COPY

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту
Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій
Кафедра інформаційних технологій

Затверджую
Завідувач кафедри ІТ,
д.т.н., проф., Каргін А.О.

12 травня 2025 р.

Завдання

На кваліфікаційну роботу здобувача ступеня бакалавра	Лебедько Іллі Олександровича (прізвище ім'я по батькові)
Тема кваліфікаційної роботи	Система керування колісним роботом що локалізує на маршруті джерело світла за даними датчиків інтенсивності світла
Постановка завдання в короткій формі	Виконати аналіз предметної області та підходів до вирішення задачі керування колісним роботом що локалізує джерело світла. Уточнити функції проектуємої системи та розробити нечиткі правила керування колісним роботом що локалізує на маршруті джерело світла за даними датчиків інтенсивності світла. Сформулювати концептуальну, логічну та фізичну моделі системи. Виконати моделювання та тестування спроектованої системи. Створити прототип системи.
Вихідні дані (2-3 адреси сайтів, матеріали яких рекомендує керівник кваліфікаційної роботи)	Science Projects. https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/science-projects?s=Speedy+Light-Tracking+Robot Smart Lighting System Using Light Dependent Resistor [Ldr] http://ijeais.org/wp-content/uploads/2021/8/IJAAR210806.pdf

Календарний план роботи

Дата отримання версії звіту керівником	Етап виконання роботи	Виконання (вказує керівник)
19.05.2025	Проектування системи в MATLAB	Виконано
23.05.2025	Модель апаратного прототипу в Fritzing або Tinkercad	Виконано
29.05.2025	Підготовка та редагування пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи за зауваженнями керівника (за змістом)	Виконано
06.06.2025	Редагування пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи (з оформлення)	Виконано

Дата видачі завдання 12.05.25
Керівник (П.І.Б) Каргін Анатолій Олексійович

РЕФЕРАТ

Лебедько І.О. Проектування та моделювання системи керування колісним роботом що локалізує на маршруті джерело світла за даними датчиків інтенсивності світла - На правах рукопису.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи здобувача ступеня бакалавра: 59 сторінок, 45 рисунків, 3 таблиці, 32 джерела, 4 додатка.

Звіт містить опис розробки системи керування колісним роботом що локалізує на маршруті джерело світла за даними датчиків інтенсивності світла.

Об'єктом дослідження є система керування роботом, яка дозволяє локалізувати на маршруті джерело світла за даними датчиків інтенсивності світла.

Метою кваліфікаційної роботи є створення інтелектуальної системи, яка забезпечує локалізацію світла на маршруті, відправку даних про джерело світла та пересування згідно маршруту.

У роботі досліджено застосування сенсорів BH1750 і HC-SR04, розміщення сенсорів та вплив на якість навігації. Для обробки вхідних сигналів та реалізації логіки керування змодельовано регулятор у середовищі MATLAB та Fuzzy Logic Toolbox. У рамках кваліфікаційної роботи реалізовано прототип на базі МП Arduino Uno, до якого підключено датчик BH1750, три ультразвукові датчики HC-SR04, драйвер двигунів L298N та два мотор-редуктори типу TT Motor. Рух робота керується змодельованим нечітким регулятором на підставі даних з сенсорів.

Результати моделювання показали стабільну поведінку при русі по маршруту та локалізацію на маршруті джерела світла, своєчасне реагування на перешкоди.

МОБІЛЬНИЙ РОБОТ, ЛОКАЛІЗАЦІЯ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА, BH1750, HC-SR04, MATLAB, ARDUINO.

ABSTRACT

Ilya Lebedko. Design and Modeling of a Control System for a Wheeled Robot that Localizes a Light Source on a Route Based on Light Intensity Sensor Data – Manuscript.

Explanatory note of the qualification work of a bachelor's degree applicant: 59 pages, 45 figures, 3 table, 32 references, 4 appendix.

The report contains a description of the development of a control system for a wheeled robot that localizes a light source on a route using data from light intensity sensors. The main object of the study is the robot control system, which enables it to localize the light source on the route based on data from light intensity sensors.

The goal of the qualification work is to create an intelligent system that ensures stable localization of the light source on the route, transmits light data, and moves according to the route. The work investigates the operating principles of the BH1750 and HC-SR04 sensors, their placement, and their impact on navigation quality. A controller was implemented in the MATLAB and Fuzzy Logic Toolbox environment to process input signals and realize the control logic.

As part of the qualification work, a hardware prototype was built based on an Arduino Uno, connected to a BH1750 sensor, three HC-SR04 ultrasonic sensors, an L298N motor driver, and two TT Motor gear motors. The robot's movement is controlled using signals generated based on sensor data.

Simulation results showed stable behavior when moving along the route, localization of the light source on the route, timely obstacle response, and correct operation of decision-making algorithms.

MOBILE ROBOT, LIGHT SOURCE LOCALIZATION, BH1750, HC-SR04,
SENSOR NAVIGATION, MATLAB, ARDUINO

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	9
2 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ	10
2.1 Опис предметної області	10
2.2 Огляд підходів до вирішення завдання	16
3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОЛІСНИМ РОБОТОМ ЩО ЛОКАЛІЗУЄ НА МАРШРУТІ ДЖЕРЕЛО СВІТЛА ЗА ДАНИМИ ДАТЧИКІВ ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛА	23
3.1 Концептуальна модель системи	23
3.2 Логічна модель системи. Моделювання в Mental Modeler	24
3.3 Логічна модель системи. Моделювання в MATLAB	26
3.4 Фізична модель системи	35
4 АПАРАТНИЙ ПРОТОТИП СИСТЕМИ	37
4.1 Топологія апаратної частини прототипу системи	37
4.2 Компоненти апаратної частини прототипу системи	40
4.3 Опис даних та бібліотек підтримки компонентів системи	42
ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ПОСИЛАНЬ	45
ДОДАТОК А ДІАГРАМИ UML	48
ДОДАТОК Б МОДЕЛЮВАННЯ В MENTAL MODELER	49
ДОДАТОК В МОДЕЛЮВАННЯ В MATLAB	53
ДОДАТОК Г МОДЕЛЮВАННЯ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ ПРОТОТИПУ СИСТЕМИ	58

ВСТУП

У сучасних умовах автоматизації та розвитку робототехнічних систем важливим завданням є розробка ефективних методів керування мобільними платформами та їх можливість взаємодіяти з навколишнім середовищем. Одним із перспективних підходів є використання роботів, що обробляють інформацію з датчиків та приймати рішення в умовах невизначеності. Даний підхід особливо ефективний у складних середовищах, таких як коридори, або любі приміщення де традиційні методи навігації можуть виявитися менш ефективними.

Метою даної кваліфікаційної роботи є проєктування та моделювання системи керування інтелектуальним мобільним (ІМ) агентом, який здійснює локалізацію на маршруті джерела світла за даними датчиків інтенсивності світла.

Для збору інформації про оточення використовується датчик світла BH1750, який дозволяє локалізувати світло, та три ультразвукові датчики HC-SR04, розташовані праворуч, ліворуч і спереду, що забезпечують уникнення перешкод у просторі. Застосування такого набору сенсорів дає змогу системі ефективно здійснювати корекцію траєкторії руху та приймати рішення щодо маневрування у складних умовах лабіринту.

Очікуваним результатом роботи є створення математичної моделі системи керування, розробка алгоритму функціонування системи та перевірка ефективності запропонованого підходу за допомогою комп'ютерного моделювання.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою даної кваліфікаційної роботи є створення моделі мобільного робота охоронця, який, пересуваючись визначеним маршрутом у темному приміщенні, здатен виявляти появу джерел світла та фіксувати факт їх наявності. Основним критерієм для виявлення таких джерел є різка зміна рівня освітленості, зафіксована сенсором, встановленим на платформі робота.

Управління рухом робота здійснюється за допомогою контролера. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучке реагування на зміни в навколишньому середовищі.

У процесі виконання роботи передбачається вирішення наступних задач:

1. Розробити загальну концепцію функціонування охоронного робота.
2. Вибрати сенсор освітленості, що дозволить з високою чутливістю виявляти зміну яскравості в умовах слабого або нульового освітлення.
3. Реалізувати нечіткий алгоритм виявлення джерела світла на основі змін показників сенсора під час наближення та віддалення від джерела світла.

Реалізація вказаних задач передбачає використання мінімальної кількості сенсорів з метою оптимізації схеми та підвищення надійності роботи системи.

Таким чином, основна задача робота - це виявлення джерел світла в темному приміщенні в процесі автономного пересування та фіксація таких подій для подальшого реагування.

ВИСНОВКИ

У межах кваліфікаційної роботи була розроблена модель системи, та прототип автономного мобільного робота-охоронця здатного здійснювати патрулювання приміщень та виявляти джерела світла. Прототип системи керування роботом побудований на базі мікроконтролера Arduino Uno з використанням сенсора освітленості BH1750 та трьох ультразвукових датчиків HC-SR04, що розташовані спереду, зліва та справа. Така конфігурація дозволяє точно визначати напрямок на джерело світла, а також уникати зіткнень із перешкодами під час руху.

У рамках проєкту також була побудована концептуальна модель у Mental Modeler, що описує взаємозв'язки між елементами системи. Системи була змодельована в середовищі MATLAB. Результати моделювання на основі логіки нечіткого керування підтверджують доцільність застосування обраного сенсорного набору та структури керування для реалізації задач виявлення світлових сигналів.

У перспективі можливим є розширення функціональних можливостей системи, зокрема інтеграція додаткових сенсорів, використання більш потужного обчислювального модуля зв'язку з іншими роботами, що дозволить реалізувати кооперативну поведінку та більш складні сценарії автономної роботи в реальному середовищі.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- 1) Освітньо-професійна програма «Технології штучного інтелекту» першого (бакалаврського) рівня освіти за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології галузі знань 12 Інформаційні технології. URL: https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2022/08/opp_bak_126_tshi_23-24_pidpisi-1.pdf (Дата звернення: 10.05.25)
- 2) Петренко Т.Г. Методичні матеріали до порядку та змісту підготовки, оформлення та захисту пояснювальної записки кваліфікаційної роботи. Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 15 с.
- 3) Петренко Т.Г. Методичні матеріали до порядку та змісту підготовки, оформлення та захисту курсової роботи з курсу «Основи обчислювального інтелекту». Харків: УкрДУЗТ, 2023. – 14 с.
- 4) Петренко Т.Г. Методичні матеріали до порядку та змісту підготовки, оформлення та захисту курсової роботи з курсу «Основи обчислювального інтелекту». Харків: УкрДУЗТ, 2023. – 14 с.
- 5) ДСТУ 3008:2015. Національний Стандарт України. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016, 31 с.
- 6) ДСТУ 8302:2015. Національний Стандарт України. Інформація та документація. Бібліографічне Посилання. Загальні положення та правила складання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016, 16 с.
- 7) Springer Handbook of Robotics. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.), 2016, Springer. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-32552-1> (Last accessed: 01.06.2025)
- 8) The K5 ASR. URL: <https://knightscope.com/products/k5> (Last accessed: 01.06.2025)
- 9) Simple Light Following Robot using Arduino UNO. URL: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/light-following-robot> (Last accessed: 01.06.2025)

- 10) Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC. URL: https://www.mouser.com/datasheet/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf?srltid=AfmBOopY8VoDXL5DuXNXbio8R0Muw27igrmme3cm eBmXg8QcQ2kEVD3_ (Last accessed: 01.06.2025)
- 11) Ultrasonic Ranging Module HC - SR04. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf> (Last accessed: 01.06.2025)
- 12) 4 Sets TT Motor DC 3-6V Gearbox Motor Dual Shaft 200RPM Ratio 1:48 Motor with Tire Wheel Kit for Arduino DIY Smart Car Robot. URL: <https://www.amazon.com/AEDIKO-Motor-Gearbox-Shaft-200RPM/dp/B099Z85573> (Last accessed: 01.06.2025)
- 13) L298 Datasheet. URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/l298.pdf> (Last accessed: 01.06.2025)
- 14) Arduino Uno R3. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/> (Last accessed: 01.06.2025)
- 15) Bastiaens S. et.al. Visible Light Positioning as a Next-Generation Indoor Positioning Technology: A Tutorial. URL: https://simple.ascee.org/index.php/simple/article/download/96/pdf?utm_source.com (Last accessed: 01.06.2025)
- 16) Guntara D., Sunardi S. Effectiveness of Various Light Sensors for Indoor Use. URL: https://simple.ascee.org/index.php/simple/article/view/106?utm_source.com (Last accessed: 01.06.2025)
- 17) Raj T. et. al. A Survey on LiDAR Scanning Mechanisms. URL: https://www.mdpi.com/2079-9292/9/5/741?utm_source.com (Last accessed: 01.06.2025)
- 18) Shahria T. et. Al. A Comprehensive Review of Vision-Based Robotic Applications: Current State, Components, Approaches, Barriers, and Potential Solutions. URL: https://www.mdpi.com/2218-6581/11/6/139?utm_source.com (Last accessed: 01.06.2025)
- 19) Diagrams.net. URL: <https://app.diagrams.net/> (Last accessed: 01.06.2025)

- 20) Mental modeler. URL: <https://www.mentalmodeler.com> (Last accessed: 01.06.2025)
- 21) MATLAB. URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (Last accessed: 01.06.2025)
- 22) Fritzing. URL: <https://fritzing.org/> (Last accessed: 01.06.2025)
- 23) BH1750. URL: <https://github.com/claws/BH1750> (Last accessed: 01.06.2025)
- 24) Wire. URL: <https://www.arduino.cc/en/reference/wire> (Last accessed: 01.06.2025)
- 25) Arduino New Ping. URL: <https://bitbucket.org/teckel12/arduino-new-ping/src/master/> (Last accessed: 01.06.2025)
- 26) Bring Your Projects to Life with Arduino Software. URL: <https://www.arduino.cc/en/software/> (Last accessed: 01.06.2025)
- 27) Jabines J., Perin M. Obstacle Avoiding Robot Using Arduino UNO and HC-SR04 Ultrasonic Sensor. URL: https://www.researchgate.net/publication/361322570_Obstacle_Avoiding_Robot_using_Arduino_UNO_and_HC-SR04_Ultrasonic_Sensor (Last accessed: 01.06.2025)
- 28) Ma J. Obstacle Detection and Avoidance Using Ultrasonic Sensors in Autonomous Robots. URL: https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/12378?utm_source.com (Last accessed: 01.06.2025)
- 29) Shiddiqy M., Sunardi. Performance Analysis of LDR, Photodiode, and BH1750 Sensors for Sunlight Intensity Measurement in Open Areas. URL: https://simple.ascee.org/index.php/simple/article/download/96/pdf?utm_source.com (Last accessed: 01.06.2025)
- 30) Kargin A., Petrenko T. Feeling Artificial Intelligence for AI-Enabled Autonomous Systems. In Proc. of 2022 IEEE Global Conf. on Artificial Intelligence and Internet of Things (GCAIoT). Alamein New City, Egypt, Dec. 18, 2022, pp. 88–93. URL:

<https://doi.org/10.1109/GCAIoT57150.2022.10019235> (Last accessed: 01.06.2025)

- 31) Kargin A., Petrenko T. Knowledge Distillation for Autonomous Intelligent Unmanned Systems. In Pedrycz W., Chen S.-M. Advancements in Knowledge Distillation: Towards New Horizons of Intelligent Systems. Studies in Comput. Intell., vol. 1100. Springer International Publishing, 2023, pp. 193–230. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-32095-8> (Last accessed: 01.06.2025)
- 32) Kargin A., Petrenko T. Feeling Artificial Intelligence. Cognitive Decision-Making Model Borrowed from Living Beings. In: Proceedings 2024 International Symposium on Networks, Computers and Communications, October 22 - 24, 2024, Washington DC – USA. P. 1-6