

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.

12.01.2026 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

на тему: Інтелектуальна, керована подіями система управління мобільним
роботом, що обслуговує пасажирів у вагоні поїзда

Здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
Студент 2-го курсу
213-ІТ-Д24 групи
Галузь знань F - Інформаційні технології
Спеціальність F7 – Комп'ютерна інженерія
Освітньо-професійна програма - Інтелектуальні інформаційні технології (ІІТ)

Гріненко Олександр Сергійович
(ПІБ)

Керівник Каргін Анатолій Олексійович
(ПІБ)

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

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

Рецензент Шергін Вадим Леонідович
(ПІБ)
к.т.н., доцент, доцент кафедри «Штучний інтелект» ХНУРЕ
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

Національна шкала _____
Кількість балів: _____
Оцінка (ECTS) _____

м. Харків – 2026 рік

Сторінки 2, 4, 5, 15-61, 66-93 пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи недоступні для перегляду в даній обмеженій версії.

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.

03.10.2025 р.

Завдання

На кваліфікаційну роботу здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти	<u>Гріненка Олександра Сергійовича</u> (прізвище ім'я по батькові в родовому відмінку)
Тема кваліфікаційної роботи	Інтелектуальна, керована подіями система управління мобільним роботом, що обслуговує пасажирів у вагоні поїзда.
Постановка завдання в стислій формі	Розробити та дослідити інтелектуальну систему підтримки обслуговування пасажирів у вагоні поїзда з використанням мобільного робота на основі методів нечіткої логіки та за моделлю подієво-керованої архітектури.
Джерела, які рекомендує керівник кваліфікаційної роботи	What is an Autonomous Car? https://www.synopsys.com/glossary/what-is-autonomous-car.html

Календарний план роботи

Дата отримання версії звіту керівником	Етап виконання роботи	Виконання (зазначає керівник)
14.11.2025	Проектування системи (включно з MATLAB). Формування версії звіту (включно підрозділ 3.3)	виконано
01.12.2025	Визначення топології апаратного прототипу. Формування версії звіту (включно підрозділ 3.4)	виконано
09.12.2025	Динамічна модель програмно-апаратного прототипу системи в Node-RED. Формування повної версії звіту	виконано
15.12.2025	Редагування пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи за зауваженнями керівника за змістом та оформленням. Формування презентації (включно відео) та доповіді	виконано

Дата видачі завдання 29.09.25
Керівник (ПІБ) Каргін Анатолій Олексійович

РЕФЕРАТ

Гріненко О.С. Інтелектуальна, керована подіями система управління мобільним роботом, що обслуговує пасажирів у вагоні поїзда. – На правах рукопису.

Пояснювальна записка щодо кваліфікаційної роботи здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти: 93 сторінки, 51 рисунки, 17 таблиць, 22 джерела, 7 додатків.

Метою роботи є дослідження та розробка інтелектуальної системи підтримки обслуговування пасажирів у вагоні поїзда з використанням мобільного робота для підвищення рівня комфорту, безпеки та якості сервісу. Предметом дослідження є методи та моделі прийняття рішень в інтелектуальних роботизованих системах транспортної галузі. Методами дослідження є аналіз наукових джерел за тематикою роботи, когнітивне моделювання, методи нечіткої логіки та синтез інтелектуальної інформаційної системи.

У роботі виконано проєктування інтелектуальної системи з використанням UML діаграм, побудовано модель нечіткої когнітивної карти для аналізу взаємозв'язків між параметрами функціонування системи, а також розроблено модель в середовищі MATLAB. У середовищі Node-RED створено динамічний прототип системи, що реалізує логіку прийняття рішень та взаємодію мобільного робота з пасажиром у режимі реального часу за моделлю подієво-керованої архітектури (Event-Driven Architecture). Проведено моделювання та аналіз результатів, які підтвердили адекватність і працездатність запропонованих рішень.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА, МОБІЛЬНИЙ РОБОТ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, FCM, NODE-RED, ВАГОН ПОЇЗДА, MATLAB

ABSTRACT

Oleksandr Hrinienko. Intellectual, event-driven control system for a mobile robot serving passengers in a train carriage. – Manuscript rights reserved.

Explanatory note to the qualification work of an applicant for the second (master's) level of higher education: 93 pages, 51 figures, 17 tables, 22 sources, 7 appendices.

The purpose of this work is to develop and study an intelligent system that supports passenger service in a train carriage, utilizing a mobile robot to enhance comfort, safety, and service quality. The subject of the study is methods and models of decision-making in intelligent robotic systems for transportation. The research methods include analysis of scientific sources on the topic of the work, cognitive modeling, fuzzy logic methods, and synthesis of an intelligent information system.

The work involves designing an intelligent system using UML diagrams, constructing a fuzzy cognitive map model to analyze the relationships between the system's parameters, and developing a Mamdani-type fuzzy inference model in the MATLAB environment. A dynamic prototype of the system was created in the Node-RED environment, which implements decision-making logic and enables real-time interaction between the mobile robot and passengers using an Event-Driven Architecture approach. Modeling and analysis of the results were conducted, confirming the adequacy and performance of the proposed solutions.

INTELLIGENT SYSTEM, MOBILE ROBOT, FUZZY LOGIC, FCM, NODE-RED, TRAIN CARRIAGE, MATLAB

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	13
РОЗДІЛ 2 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ	15
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ, КЕРОВАНОЇ ПОДІЯМИ, СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ, ЩО ОБСЛУГОВУЄ ПАСАЖИРІВ У ВАГОНІ ПОЇЗДА	19
3.1 Концептуальна модель системи. UML Use case	19
3.2 Логічна модель системи. Моделювання в Mental Modeler	23
3.3 Логічна модель системи. Моделювання в MATLAB	31
3.4 Фізична модель системи. Апаратний прототип системи в Tinkercad	46
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ПРОТОТИП СИСТЕМИ	50
4.1 Архітектура програмної частини прототипу системи	50
4.2 Компоненти програмної частини прототипу системи в Node-RED	51
4.3 Опис даних та бібліотек підтримки компонентів системи	53
4.4 Опис контрольних прикладів і результатів тестування	57
4.5 Опис інструкцій користувачеві	60
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ПОСИЛАНЬ	64
ДОДАТОК А ДІАГРАМИ UML	66
ДОДАТОК Б МОДЕЛЮВАННЯ В MENTAL MODELER	68
ДОДАТОК В МОДЕЛЮВАННЯ В MATLAB	72
ДОДАТОК Г МОДЕЛЮВАННЯ В TINKERCAD	88
ДОДАТОК І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ В NODE-RED	90
ДОДАТОК Д ТЕКСТИ ПРОГРАМ	91
ДОДАТОК Е РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ	92

ВСТУП

Актуальність теми пов'язана з інтенсивним розвитком інтелектуальних транспортних систем, робототехніки та сервісної автоматизації, які стають ключовими складовими модернізації пасажирських перевезень у контексті концепцій Індустрії 4.0 та цифрової інтеграції залізничного транспорту. Застосування мобільних роботів у вагонах високошвидкісних поїздів дозволяє підвищити рівень сервісу і комфорту, якість обслуговування пасажирів, ефективність роботи персоналу та безпеку руху. У сучасних умовах зростаючих вимог до швидкості та персоналізації сервісів використання інтелектуальної системи, здатної автономно взаємодіяти з пасажирями, приймати рішення та адаптуватися до змін середовища, завдання кваліфікаційної роботи є актуальним науковим і практичним завданням.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування та дослідження програмно-апаратної інтелектуальної системи обслуговування пасажирів вагону поїзда з використанням мобільного сервісного робота, включно з побудовою UML моделей, когнітивним моделюванням засобами Fuzzy Cognitive MAP (FCM) та реалізацією динамічного прототипу системи в середовищі Node-RED.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі завдання:

- 1) виконати аналіз предметної області та сучасних підходів до застосування мобільних роботів у сервісних транспортних системах;
- 2) обґрунтувати вибір роботизованої платформи для реалізації системи;
- 3) побудувати концептуальну та фізичну UML моделі системи;
- 4) розробити FCM та провести сценарне моделювання;
- 5) сформувати динамічну модель функціонування системи засобами UML;
- 6) реалізувати прототип інтелектуальної системи у Node-RED та виконати тестування;
- 7) оцінити ефективність та можливості подальшого розвитку системи.

Об'єктом дослідження є інтелектуальна система надання сервісу, який орієнтовано на взаємодію з пасажиром у вагоні поїзда.

Предметом дослідження є системи з мобільним роботом, включаючи моделі прийняття рішень, навігації, взаємодії з користувачами та інформаційними підсистемами поїзда.

Для вирішення поставлених завдань були використані такі методи: аналіз літературних джерел та технічних рішень у сфері робототехніки і транспортних систем; методи системного аналізу; моделювання архітектури за допомогою UML; нечітко-когнітивне моделювання (FCM) у середовищі Mental Modeler; моделювання окремих функцій у MATLAB; інтеграція програмно-апаратних систем у Node-RED.

Рішення поставлених завдань дозволило отримати такі результати: побудовано концептуальну та фізичну моделі системи; сформовано FCM-модель, яка відображає взаємозв'язки між факторами безпеки, надійності, комфорту та енергоефективності; виконано сценарне моделювання з використанням різних функцій активації (Sigmoid, Tanh); створено динамічні моделі роботи сервісного робота; проведено моделювання функціонування системи засобами Fuzzy Logic Toolbox та MATLAB; реалізовано програмний прототип системи у Node-RED і проведено тестування.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що побудовані моделі та прототип можуть бути використані для розробки системи сервісного обслуговування у поїздах, інтеграції мобільних роботів у транспортну інфраструктуру, оптимізації навігації та підвищення безпеки пасажирів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у поєднанні UML моделювання з когнітивною моделлю FCM для багатофакторної оцінки ефективності роботи мобільного сервісного робота в умовах рухомого потяга, а також у формуванні динамічної моделі системи із застосуванням сучасних інструментів Fuzzy Logic Toolbox та MATLAB.

Особистий внесок здобувача полягає у виконанні циклу дослідження: від аналізу предметної області та побудови моделей до реалізації та тестування прототипу системи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами полягає у відповідності дослідження напрямкам розвитку інтелектуальних транспортних систем, роботизованих сервісних платформ і цифровізації транспортної галузі, що відповідає тематиці наукових досліджень кафедри інформаційних технологій Українського державного університету залізничного транспорту.

Кваліфікаційна робота виконана відповідно науково-дослідної роботи Українського державного університету залізничного транспорту «Розумні машини та інтернет речі зі штучним інтелектом», № ДР 0120U104276. Основні положення і результати кваліфікаційної роботи були представлені і обговорювалися на 85-й студентській науково-технічній конференції (СНТК 2025) та увійшли до складу збірника тез.

Звіт з кваліфікаційної роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку посилань та додатків. У роботі наведено значну кількість рисунків і таблиць, що ілюструють результати проектування та тестування системи. Повний обсяг звіту включає основний текст та додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми кваліфікаційної роботи, сформульовано мету та основні завдання дослідження. Також наведено відомості про особистий внесок здобувача, практичну цінність роботи та наукову новизну отриманих результатів.

У першому розділі сформульовано загальну постановку задачі та визначено вимоги до інтелектуальної системи обслуговування пасажирів. Розглянуто функціональні особливості мобільного сервісного робота, умови його експлуатації у вагоні поїзда, а також основні етапи розробки системи.

У другому розділі виконано опис предметної області та огляд сучасних підходів до побудови інтелектуальних роботизованих систем у транспортній

галузі. Проаналізовано методи нечіткої логіки, подієво-керованої архітектури та засоби моделювання, що застосовуються для підвищення ефективності та безпеки обслуговування пасажирів. За результатами аналізу зроблено висновки щодо доцільності використання мобільного робота “Beam® telepresence robot” зі стандартним набором сенсорних систем, телекомунікаційних засобів. Висновки розділу підтверджують необхідність застосування методів AI та IoT для автоматизації процесів обслуговування пасажирів.

У третьому розділі виконано проектування інтелектуальної системи з використанням UML діаграм, когнітивних карт та середовища MATLAB із застосуванням Fuzzy Logic Toolbox. Побудовано нечітку логічну модель типу Mamdani з використанням лінгвістичних змінних та набору правил для оцінювання рівня сервісу при обслуговуванні пасажирів у вагоні поїзда. Моделювання підтверджує можливість використання моделі для створення програмно-апаратного прототипу системи.

У четвертому розділі описано реалізацію програмно-апаратного прототипу інтелектуальної системи в середовищі Node-RED. Наведено архітектуру системи, описано її основні програмні модулі, компоненти та використані бібліотеки. Представлено контрольні приклади, результати тестування та інструкції користувачеві. Висновки за розділом підтверджують працездатність розробленого прототипу та коректність реалізації логіки прийняття рішень у подієво-керованій системі.

У висновках роботи узагальнено отримані теоретичні та практичні результати, підтверджено досягнення поставленої мети та сформульовано напрями подальшого розвитку інтелектуальної системи управління мобільним сервісним роботом у транспортній галузі.

РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Сучасні транспортні системи дедалі частіше інтегрують автоматизовані та роботизовані сервіси, спрямовані на підвищення безпеки, комфорту та ефективності обслуговування пасажирів. В умовах обмеженого простору вагону поїзда, динамічних режимів руху та високих вимог до швидкості реагування особливого значення набувають системи, здатні автономно взаємодіяти з пасажирями, адаптуватися до змін середовища та підтримувати прийняття рішень. Одним із перспективних напрямів є застосування мобільних сервісних робіт для надання інформаційних та допоміжних послуг у вагоні пасажирського поїзда.

Загальна задача роботи полягає у проектуванні інтелектуальної системи обслуговування пасажирів, реалізованої на базі мобільного робота, яка здатна виконувати сервісні функції, орієнтуватися у просторі вагону, реагувати на нестандартні ситуації та взаємодіяти з пасажирями у напіваавтономному чи автономному режимі.

Для цього необхідно розробити архітектуру системи, що включає модулі навігації, аналізу середовища, комунікації, прийняття рішень та інтерфейсу взаємодії з користувачами, а також виконати моделювання, дослідження та тестування програмного прототипу.

Для вирішення задачі було визначено такі ключові напрями:

- 1) Проаналізувати предметну область застосування мобільних робіт у пасажирських вагонах, виявивши обмеження, вимоги та критичні параметри їх функціонування.
- 2) Виконати огляд існуючих технічних рішень, зокрема робіт телеприсутності та сервісних платформ, та обґрунтувати вибір базової платформи Beam (Awabot) для подальшого моделювання.

- 3) Розробити концептуальну UML модель (Use Case) системи, та визначає ролі користувачів, сценарії взаємодії, сервіси безпеки, маршрутизації та інформаційного обслуговування.
- 4) Сформувати архітектуру фізичної системи (Deployment diagram), що включає бортові та хмарні компоненти, підсистеми сенсорів, навігації, комунікації та обробки даних.
- 5) Побудувати нечітку когнітивну карту (FCM) для моделювання взаємозв'язків між факторами безпеки, якості обслуговування, енергоефективності та надійності системи; провести сценарне моделювання з використанням функцій активації Sigmoid і Tanh.
- 6) Розробити динамічну UML модель роботи системи (зокрема діаграму активності), що описує процес виклику робота, побудови маршруту, оцінки безпеки та реакції на надзвичайні ситуації.
- 7) Розробити нечітку модель функціонування системи та провести моделювання засобами Fuzzy Logic Tools MATLAB.
- 8) Реалізувати прототип системи в середовищі Node-RED, що моделює логіку взаємодії модулів, обробку подій, передачу даних та сценарії реагування.
- 9) Провести тестування та оцінку функціональності прототипу, визначивши відповідність вимогам, можливості адаптації та напрямки подальшого удосконалення.

Таким чином, постановка задачі визначає комплексний підхід до проєктування інтелектуальної системи обслуговування пасажирів, який включає аналіз, моделювання, розробку та дослідження роботи мобільного сервісного робота в умовах реального транспортного середовища.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розв'язано актуальну науково-прикладну задачу розроблення та дослідження інтелектуальної системи обслуговування пасажирів у вагоні поїзда з використанням мобільного робота. Актуальність роботи зумовлена зростанням вимог до рівня сервісу, безпеки та автоматизації транспортних систем, а також необхідністю застосування інтелектуальних методів підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності.

У процесі виконання роботи проведено аналіз предметної області та сучасних підходів до використання мобільних сервісних роботів у транспортній інфраструктурі. Обґрунтовано вибір архітектури системи та мобільної роботизованої платформи AWAbot як засобу реалізації сервісної взаємодії з пасажирями.

Розроблена структура та функціональна модель системи із застосуванням UML діаграм дозволили формалізувати основні сценарії взаємодії користувачів із системою та визначити склад її програмних і апаратних компонентів. Метод когнітивного моделювання на основі нечітких когнітивних карт надав змогу оцінити вплив різних факторів на рівень комфорту обслуговування пасажирів, а також оцінити зв'язки між ключовими параметрами функціонування системи.

Розроблена у середовищі MATLAB з використанням Fuzzy Logic Toolbox нечітка логічна модель типу Mamdani із побудованою системою лінгвістичних змінних та бази правил підтвердила здатність системи коректно реагувати на зміну вхідних параметрів.

На основі розроблених моделей створено прототип інтелектуальної системи в середовищі Node-RED, який забезпечує реалізацію логіки прийняття рішень, взаємодію з користувачами та можливість моніторингу стану системи. Проведене тестування продемонструвало працездатність прототипу та

можливість його подальшого розширення й інтеграції з реальними апаратними компонентами.

Отримані в роботі результати мають практичну цінність і можуть бути використані при проєктуванні інтелектуальних сервісних систем у транспортній галузі, а також у подальших наукових дослідженнях, пов'язаних із робототехнікою, нечіткими методами керування та системами підтримки прийняття рішень.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- 1) Петренко Т.Г. Методичні вказівки щодо порядку та змісту підготовки, оформлення і захисту звіту з переддипломної практики та пояснювальної записки здобувача другого рівня вищої освіти (магістр). Харків: УкрДУЗТ, 2025, 70 с. URL: <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/30265> (Last accessed: 15.12.2025)
- 2) Patel, U. et al. Setting Up the Beam for Human-Centered Service Tasks. URL: <https://arxiv.org/pdf/1710.06831> (Last accessed: 30.11.2025)
- 3) The world's leading telepresence robots. URL: <https://awabot.com/en/> (Last accessed: 30.11.2025)
- 4) Suitable Technologies. BeamPro Robot. URL: <https://suitabletech.com/get-started/> (Last accessed: 1.06.2025)
- 5) BotEyes Telepresence Robot. URL: <https://boteyes.com/> (Last accessed: 30.11.2025)
- 6) Temi - The Personal Robot. URL: <https://www.robotemi.com/> (Last accessed: 30.11.2025)
- 7) VGo Robotic Telepresence. URL: <https://www.vgocom.com/> (Last accessed: 30.11.2025)
- 8) Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. The Unified Modeling Language User Guide. – Addison-Wesley, 2005.
- 9) Object Management Group. UML 2.5 Specification. URL: <https://www.omg.org/spec/UML/> (Last accessed: 30.11.2025)
- 10) Visual Paradigm Online Diagrams. URL: <https://online.visual-paradigm.com/drive/#proj=0&dashboard> (Last accessed: 01.12.2025)
- 11) Mental Modeler. URL: <http://www.mentalmodeler.com/> (Last accessed: 01.12.2025)

- 12) Papageorgiou E. Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering. Springer, 2014. 398 p.
- 13) Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps. International Journal of Man-Machine Studies. 1986, Vol. 24, pp. 65–75.
- 14) MathWorks. Fuzzy Logic ToolBox. URL: https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html?utm_source=chatgpt.com (Last accessed: 09.12.2025)
- 15) Vasconcelos J., Brandao A., and Sarcinelli-Filho M. Real-Time Path Planning for Strategic Missions. URL: <https://doi.org/10.3390/app10217773> (Last accessed: 15.12.2025)
- 16) Kargin A., Petrenko T. Event-Driven Architecture of Feeling Artificial Intelligence Supported by Data Aging Model. COCIA 2025, vol. 1584. Springer, Cham, 2025. pp. 178–183. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-032-01536-5_27 (Last accessed: 15.12.2025)
- 17) Каргін А. О., Кузьменко Р. С. Модель ймовірісно-нечіткого актуатора в контурі м'якого управління автономною безлюдною системою. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2025. № 1 (31), с.61-72, URL: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.1.061> (Last accessed: 15.12.2025)
- 18) What is an Autonomous Car? URL: <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-autonomous-car.html> (Last accessed: 15.12.2025)
- 19) Tincercad. URL: <https://www.tinkercad.com/> (Last accessed: 15.12.2025)
- 20) Node-RED. URL: <https://nodered.org/docs> (Last accessed: 15.12.2025)
- 21) Lea R. Node-RED Programming Guide. URL: <https://noderedguide.com/> (Last accessed: 15.12.2025)
- 22) Node-RED Learning Resources. URL: <https://flowfuse.com/node-red/learn/> (Last accessed: 15.12.2025)