

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.

07.01.2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

на тему: Система розумного поливу для присадибного господарства з
використанням регресійного дерева рішень

Здобувач ступеня магістра
Студент 2-го курсу,
213-ІТ-Д23 групи
Освітній рівень другий (магістр)
Галузь знань 12 - Інформаційні технології
Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія
Освітньо-професійна програма - Інтелектуальні інформаційні технології (ІТ)

Моньяков Дмитро Сергійович
(ПІБ)

Керівник Петренко Тетяна Григорівна
(ПІБ)

к.т.н., доцент, доцент 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 Леонидович
(ПІБ)

к.т.н., доцент, доцент кафедри «Штучний інтелект» ХНУРЕ
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

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

м. Харків – 2025 рік

Наступні сторінки пояснювальної записки недоступні для перегляду – 2,
4, 5, 13-37, 43-63

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.

06.10.2024 р.

Завдання

На кваліфікаційну роботу здобувача ступеня магістра	Моньякова Дмитра Сергійовича (прізвище ім'я по батькові)
Тема кваліфікаційної роботи	Система розумного поливу для присадибного господарства з використанням регресійного дерева рішень
Постановка завдання в стислій формі	Виконати аналіз предметної області та аналіз існуючих підходів до вирішення завдання, аналіз функцій проектуємої системи та аналіз правил керування системою відповідно до теми роботи та за результатами аналізу сформулювати динамічну модель програмно-апаратної системи в середовищі Node-RED
Вихідні дані (2-3 адреси сайтів, матеріали яких рекомендує керівник кваліфікаційної роботи)	Sriparna's blog on Internet of Things. https://sriparnaiot.wordpress.com/machine-learning-with-node-redarduino/ Smart Irrigation System for Urban Gardening using Logistic Regression algorithm and Raspberry Pi. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2129/1/012044

Календарний план роботи

Дата отримання версії звіту керівником	Етап виконання роботи	Виконання (зазначає керівник)
15.11.2024	Проектування системи (включно в MATLAB)	виконано
01.12.2024	Динамічна модель програмно-апаратного прототипу системи в Node-RED	виконано
09.12.2024	Підготовка та редагування пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи за зауваженнями керівника (за змістом)	виконано
15.12.2024	Редагування пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи (з оформлення)	виконано

Дата видачі завдання 06.10.24
Керівник (ПІБ) Петренко Тетяна Григорівна

РЕФЕРАТ

Моньяков Д.С. Система розумного поливу для присадибного господарства з використанням регресійного дерева рішень. - На правах рукопису.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи здобувача ступеня магістра: 63 сторінки, 30 рисунків, 8 таблиць, 23 джерела, 7 додатків.

Об'єктом дослідження є керування системами розумного поливу для присадибних ділянок з використанням методів машинного навчання.

Метою кваліфікаційної роботи є створення прототипу апаратно-програмної системи розумного поливу, яка автоматично визначає режим поливу та час, потрібний на полив за алгоритмами дерева рішень класифікації та регресійним деревом рішень. Система дозволяє також віддалене керування системою поливу за потреби.

Методи дослідження в роботі включають аналіз та синтез моделей розумних системи поливу.

В роботі використані засоби UML діаграм для побудови концептуальної, та, логічної та фізичної моделей системи. Уточнення моделей реалізовано за допомогою моделювання нечіткої когнітивної карти системи в Mental Modeler та нечіткої системи керування за алгоритмом Сугено в MATLAB. Фізична модель уточнена створенням топології апаратного прототипа системи в середовищі Fritzing.

Сформована динамічна модель програмно-апаратної системи розумного поливу в середовищі Node-RED, що дозволило інтегрувати модуль моніторингу показників середовища, модуль навчання та тестування системи за алгоритмами дерев рішень на основі синтетичних даних та модуль віддаленого керування системою поливу.

Подальший розвиток спроектованої системи розумного поливу передбачає подальше тестування системи з використанням реальних даних.

СИСТЕМА РОЗУМНОГО ПОЛИВУ, ДІАГРАМИ UML, NODE-RED, FCM, MENTAL MODELER, MATLAB, ДЕРЕВО РІШЕНЬ

ABSTRACT

Dmytro Moniakov. Smart Irrigation System for Homestead Farming using a Regression Decision Tree. - On the right of the manuscript.

Explanatory note of the qualification work of a master's degree applicant: 63 pages, 30 figures, 8 tables, 23 sources, 7 appendices.

The object of the study is the control of smart irrigation systems for homestead farming using machine learning methods.

The purpose of the qualification work is to create a prototype of a hardware-software system of smart irrigation, which automatically determines the irrigation mode, and the time required for irrigation using the algorithms of the classification decision tree and the regression decision tree. The system also allows remote control of the irrigation system if necessary.

The research methods in the work include the analysis and synthesis of models of smart irrigation systems.

The work uses UML diagram tools to build conceptual, logical and physical models of the system. The refinement of the models is implemented by modelling a fuzzy cognitive map of the system in Mental Modeler and a fuzzy control system using the Sugeno algorithm in MATLAB. The physical model is refined by creating the topology of the hardware prototype of the system in the Fritzing environment.

A dynamic model of the software and hardware system of smart irrigation was formed in the Node-RED environment, which allowed integrating the module for monitoring environmental indicators, the module for training and testing the system using decision tree algorithms based on synthetic data, and the module for remote control of the irrigation system.

Further development of the designed smart irrigation system involves further testing of the system using real data.

INTELLIGENT IRRIGATION SYSTEM, UML DIAGRAMS, NODE-RED, FCM, MENTAL MODELER, MATLAB, DECISION TREE

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	12
РОЗДІЛ 2 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ	13
2.1 Опис предметної області	13
2.2 Огляд підходів до вирішення завдання	16
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО ПОЛИВУ ДЛЯ ПРИСАДИБНОГО ГОСПОДАРСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ РЕГРЕСІЙНОГО ДЕРЕВА РІШЕНЬ	19
3.1 Концептуальна модель системи. UML Use case	19
3.2 Логічна модель системи. Моделювання в Mental Modeler	21
3.3 Логічна модель системи. Моделювання в MATLAB	23
3.4 Фізична модель системи. Апаратний прототип системи в Fritzing	27
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ПРОТОТИП СИСТЕМИ	31
4.1 Архітектура програмної частини прототипу системи	31
4.2 Компоненти програмної частини прототипу системи в Node-RED	32
4.3 Опис даних та бібліотек підтримки компонентів системи	33
4.4 Опис контрольних прикладів і результатів тестування	35
4.5 Опис інструкцій користувачеві	37
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ПОСИЛАНЬ	40
ДОДАТОК А ДІАГРАМИ UML	43
ДОДАТОК Б МОДЕЛЮВАННЯ В MENTAL MODELER	44
ДОДАТОК В МОДЕЛЮВАННЯ В MATLAB	47
ДОДАТОК Г МОДЕЛЮВАННЯ В FRITZING	50
ДОДАТОК Ґ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ В NODE-RED	51
ДОДАТОК Д ТЕКСТ ПРОГРАМИ В NODE-RED	52
ДОДАТОК Е РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ	61

ВСТУП

Актуальність теми пов'язана з важливістю систем розумного поливу як для присадибного використання, так і в більш масштабних аграрних цілях, оскільки системи розумного поливу вирішують такі задачі як: автоматизація поливу ділянок рослин; більш продуктивне використання водних ресурсів, що призведе до зменшення витрат води; можливість відслідковувати показники ґрунту, такі як хімічний склад (агрохімічні датчики) та вологість ґрунту та досліджувати і фіксувати погодну історію, що дозволить краще розуміти потреби рослин в поживних цінностях, поливі і тд.

Метою кваліфікаційної роботи є формування моделі вирішення завдання та створення прототипу системи згідно теми роботи.

Об'єктом дослідження в роботі є система розумного поливу, апаратні та програмні складові системи.

Предметом дослідження є динамічна модель системи розумного поливу у середовищі Node-RED.

Для вирішення поставлених завдань були використані методи: моделювання системи засобами мови UML, моделювання системи засобами нечіткої логіки в середовищах Mental Modeler та MATLAB, моделювання апаратної частини системи засобами середовища Fritzing, моделювання системи засобами Node-RED з метою інтеграції створених моделей на одній платформі.

Рішення поставлених завдань дозволило отримати автору наступні результати: сформовані діаграми проектування, модель апаратного прототипу у Fritzing, динамічна модель системи у середовищі Node-RED та проведено тестування інтегрованої моделі.

Практичним значенням отриманих результатів є створення переумов втілення моделі системи в практичне застосування як системи розумного поливу для присадибного господарства.

Особистий внесок здобувача – всі результати роботи отримані здобувачем самостійно.

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 84-й студентській науково-техничній конференції (СНТК-2024) та увійшли до складу збірника тез.

Звіт по кваліфікаційній роботі складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку посилань з 23 найменувань і 7 додатків. Звіт містить 30 рисунків, 8 таблиць. Повний обсяг звіту становить 63 сторінки, в тому числі 42 сторінки основного тексту.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання дослідження, а також охарактеризовано особистий внесок здобувача, практичне значення і наукова новизна отриманих результатів.

У першому розділі сформульована загальна постановка задачі та стисло описані етапи вирішення завдання. Висновки за розділом підтверджують виділення основних етапів створення системи розумного поливу.

У другому розділі виконано огляд і аналіз підходів до вирішення завдання за темою кваліфікаційної роботи. За результатами огляду та аналізу зроблені висновки про необхідність включення до апаратного прототипу системи наступних компонентів: мікроконтролерів, датчиків, актуаторів, системи живлення та системи віддаленого моніторингу та керування за допомогою Wi-Fi. До програмного забезпечення системи запропоновано включення реалізації алгоритмів машинного навчання, а саме дерева рішень класифікації та регресійного дерева рішень, що має визначити вибір режиму поливу та час виконання поливу. Висновки за розділом підтверджують виділення найбільш суттєвих характеристик системи, що потребують втілення в прототипі. Автоматизація системи поливу та вибір режимів роботи системи має відбуватися шляхом використання методів AI та IoT.

У третьому розділі розглядається побудова проекту та виконано моделювання системи у Mental Modeler та MATLAB. Моделювання в MATLAB

було виконано з використанням набору правил та 5 лінгвістичних змінних (3 вхідних та 2 вихідних). Висновки за розділом підтверджують формування моделей системи, що описують функціональність системи з точки зору користувача системи та з точки зору розробника прототипу системи розумного поливу. Також розділ підтверджує можливість створення фізичного прототипу системи.

У четвертому розділі описана реалізація системи у вигляді динамічної моделі в Node-RED, а саме наведено опис архітектури, компонентів, а також даних та бібліотек, які необхідні для роботи системи. В цьому ж розділі наводяться контрольні приклади та результати тестування, а також інструкції користувачеві. Висновки за розділом підтверджують результати синтезу програмно-апаратної системи в середовищі Node-RED та результати тестування системи.

У висновках роботи представлені теоретичні та практичні результати роботи та перспективи подальшої розбудови системи.

РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Завданням на кваліфікаційну роботу є проектування системи розумного поливу для присадибного господарства з використанням регресійного дерева рішень.

Для виконання завдання треба

- 1) Виконати аналіз Internet-джерел по темі кваліфікаційної роботи;
- 2) Сформувати концептуальну модель системи на основі UML Use Case;
- 3) Уточнити логічну модель системи шляхом моделювання системи за допомогою інструментів нечіткої логіки та середовищ Mental Modeler та MATLAB;
- 4) Запропонувати фізичну моделі системи, використовую UML діаграму розміщення, та уточнити опис поведінки системи за допомогою UML діаграм стану та послідовності;
- 5) Запропонувати топологію апаратного прототипа системи та сформувати апаратний прототип в середовищі Fritzing;
- 6) Сформувати динамічну модель програмно-апаратної системи в Node-RED, що інтегрує можливості попередньо розроблених моделей. Для симуляції роботи системи забезпечити створення синтетичних даних, що імітують вхідні дані системи, та обрати наглядний варіант візуалізації результатів роботи системи.
- 7) Оформлення результатів роботи згідно вимогам.

У першому розділі сформульована загальна постановка задачі та стисло описані етапи вирішення завдання. Висновки за розділом підтверджують виділення основних етапів створення системи розумного поливу.

ВИСНОВКИ

В роботі над проектом розробки та моделювання системи розумного поливу для присадибного господарства з використанням регресійного дерева рішень було досягнуто такі результати:

- 1) Уточнено концептуальну модель системи з використанням UML-діаграм варіантів використання, що дозволило чітко визначити функціональні вимоги та сценарії роботи системи.
- 2) Розроблено логічну модель системи із застосуванням інструментів Mental Modeler та MATLAB. Це дало можливість оптимізувати структуру даних та взаємозв'язку між компонентами системи.
- 3) Побудовано фізичну модель системи, що включає діаграми розміщення, активності та стану, що сприяло чіткому розумінню архітектури та процесів усередині системи.
- 4) Сформовано топологію апаратного прототипу системи у середовищі Fritzing. Апаратна частина представлена з урахуванням оптимального розташування компонентів для зручності збирання та експлуатації.
- 5) Створено динамічну модель програмно-апаратної системи у середовищі Node-RED, що дозволило продемонструвати роботу ключової функціональності системи, пов'язаної з керуванням поливом на основі аналізу даних про вологість ґрунту, температури та інших факторів.

Розробка динамічної моделі дала більш чітке уявлення про систему, що буде корисно в подальшій розробці та реалізації мети створення системи розумного поливу.

Перспективи подальшої розробки:

- 1) Оптимізація алгоритмів керування на основі складніших моделей машинного навчання.
- 2) Розширення функцій системи, включаючи інтеграцію із зовнішніми метеоданими для більш точного прогнозування поливів.

- 3) Створення апаратного прототипу системи зі збереженням функціональних властивостей.
- 4) Розробка мобільного додатка для віддаленого керування системою та моніторингу її роботи.
- 5) Проведення тестування системи у реальних умовах експлуатації різних типах господарств на підтвердження її ефективності.

Дані результати демонструють переваги в майбутній розробці системи та її застосуванні для автоматизації та оптимізації поливу в присадибних господарствах.

Основні положення і результати кваліфікаційної роботи були представлені і обговорювалися на 84-й студентській науково-техничній конференції (СНТК-2024) та увійшли до складу збірника тез [23].

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- 1) Петренко Т.Г. Методичні матеріали до порядку та змісту підготовки, оформлення та захисту пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи магістранта. Харків: УкрДУЗТ, 2024. – 23 с.
- 2) The Science of Irrigation: Boost your Smart Irrigation I.Q.
https://www.mwdoc.com/wp-content/uploads/2017/05/The_Science_of_Irrigation__part_3.pdf (Last accessed: 12.12.24)
- 3) Prediction of irrigation event occurrence at farm level using.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169918309062>
(Last accessed: 12.12.24)
- 4) Інтелектуальні системи поливу: Зростання ефективності землеробства за допомогою технологій <https://mindscope.biz.ua/intelektualni-systemy-polyvu-zrostannya-efektyvnosti-zemlerobstva-za-dopomogoyu-tehnologij/>
(Дата звернення: 12.11.24)
- 5) Node-RED. <https://nodered.org/> (Last accessed: 12.12.24)
- 6) Intelligent plant watering system for rural farmers.
https://www.researchgate.net/publication/318876655_INTELLIGENT_PLANT_WATERING_SYSTEM_FOR_RURAL_FARMERS (Last accessed: 12.12.24)
- 7) Rain-Bird ESP-TM2 Controller User Manual. URL:
https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2017-06/man_ESP-TM2_en.pdf (Last accessed: 12.12.24)
- 8) Комплект для автоматичного поливу (WiFi контролер + 2 клапани DN40). URL:
https://www.tervix.ua/product/Tervix/rozumniy_budinok/499474_komplekt_dlya_avtomatichnogo_polivu_wifi_kontroler_2_klapani_dn40/ (Дата звернення: 12.11.24)

- 9) Download Gardena 19031-20 Operator's Manual. URL: <https://www.manualslib.com/download/1468125/Gardena-19031-20.html> (Last accessed: 12.12.24)
- 10) Raspberry Pi. https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi (Last accessed: 12.12.24)
- 11) Favoriot. <https://www.favoriot.com/iotplatform> (Last accessed: 12.12.24)
- 12) Smart Irrigation System.
https://www.researchgate.net/publication/373545604_Smart_Irrigation_System (Last accessed: 12.12.24)
- 13) ESP8266 Technical Reference.
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf (Last accessed: 12.12.24)
- 14) DHT11 Humidity & Temperature Sensor. <https://shorturl.at/yHdwn> (Last accessed: 12.12.24)
- 15) YL-69 HL-69 Soil humidity sensor. <https://shorturl.at/Esw2P> (Last accessed: 12.12.24)
- 16) SOLID STATE RELAY Model: SSR-100DA. <https://shorturl.at/IQipk> (Last accessed: 12.12.24)
- 17) SG 9g Micro Servo. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1572383/ETC/SG90.html> (Last accessed: 12.12.24)
- 18) BH1750FVI - Rohm. <https://shorturl.at/wlhpk> (Last accessed: 12.12.24)
- 19) Node-RED User guide. <https://nodered.org/docs/user-guide/> (Last accessed: 12.12.24)
- 20) Git-Hub ML-cart Documentation. <https://mljs.github.io/decision-tree-cart/> (Last accessed: 12.12.24)
- 21) How to install Node-Red (or Node Red) on a Windows.
<https://www.youtube.com/watch?v=HtG62ANzIt4> (Last accessed: 12.12.24)
- 22) Installing and Running Node-RED. URL: <https://www.brainboxes.com/faq/installing-and-running-node-red-on-a-windows-pc> (Last accessed: 12.12.24)

23) Моньяков Д. Система розумного поливу для присадибного господарства за допомогою дерева рішень. Збірник тез 84-й студентської науково-техничної конференції (СНТК-2024), с.82. URL: <https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2024/12/tezi-sntk-84.pdf> (Дата звернення: 20.12.24)

DO NOT COPY