

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Комп'ютерної інженерії та управління
Кафедра	Комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Комп'ютерні інтелектуальні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри

(підпис)

“ ____ ” _____ 20__22 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Андрющенку Дмитру Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інтелектуальна система обслуговування тепличного середовища

затверджена наказом по університету від “ 07 ” листопада 2022р. № 1455Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____

3. Вхідні дані до роботи Arduino

Інтернет речей

Багатоагентні системи

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Аналіз предметної області.

Функціональна схема пристрою

Програмне забезпечення та мобільний додаток

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Презентація 12 слайдів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області та актуальності проблеми інтелектуалізації розумних теплиць	08.11 – 13.11	виконано
2	Огляд сучасної літератури за напрямком магістерської роботи	13.11 – 20.11	Виконано
3	Аналіз підходів інтелектуалізації	21.11 – 23.11	Виконано
4	Огляд та вибір комплектуючих майбутньої системи	24.11 – 26.11	Виконано
5	Розробка програмного забезпечення та мобільного додатку для інтелектуалізації теплиці	26.11 – 30.12	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	01.12 – 07.12	Виконано
7	Оформлення графічного матеріалу	08.12 – 10.12	виконано

Дата видачі завдання 07 листопада 2022 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Аксак Н.Г.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської кваліфікаційної роботи: 81 с., 27 рис., 1 табл., 3 дод., 2 форм., 33 джерела.

ИНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ТЕПЛИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА,
БАГАТОАГЕНТНА СИСТЕМА, ІОТ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ARDUINO, СІЛЬСЬКЕ
ГОСПОДАРСТВО, ТЕПЛИЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.

Метою роботи є інтелектуалізація розумної теплиці на основі мікроконтролера Arduino за допомогою сучасних методів та підходів. У роботі запропоновані рішення засновані на багатоагентному підході за для розширення можливостей системи, покращення комунікації всіх елементів. Також було запропоновано використати методи ІоТ, або Інтернету речей за для прогресивного рішення нагальних проблем людства.

Застосування сучасних методів багатоагентної побудови системи дозволило підвищити продуктивність системи, зробило її більш гнучкою та адаптивною. Також підхід з використанням Інтернету речей відкрив нові можливості зі збору та обробки даних, та допоміг зробити використання системи більш простим та доступним користувачеві.

Об'єктом дослідження є процеси побудови системи “Розумної теплиці”, та її інтелектуалізації.

Предметом дослідження є структурні моделі, методи, схеми та програмні комплекси, що орієнтовані на отримання та обробку інформації отриманої під час експлуатації теплиці, а також повної автоматизації процесу вирощування рослин.

ABSTRACT

Master's thesis: 81 pages, 27 figures, 1 tables, 3 appendices, 2 formulas, 33 sources.

GREENHOUSE INTELLIGENCE, MULTI-AGENT SYSTEM, IOT, INTERNET OF THINGS, ARDUINO, AGRICULTURE, GREENHOUSE.

The purpose of the work is the intellectualization of a smart greenhouse based on the Arduino microcontroller using modern methods and approaches. In the work, the proposed solutions are based on a multi-agent approach to expand the system's capabilities and improve the communication of all elements. It was also proposed to use the methods of IoT, or the Internet of Things, for a progressive solution to pressing problems of humanity.

The use of modern methods of multi-agent system construction made it possible to increase the performance of the system, making it more flexible and adaptive. Also, the approach using the Internet of Things opened up new opportunities for data collection and processing, and helped to make the use of the system simpler and more accessible to the user.

The object of the study is the process of building the "Smart Greenhouse" system and its intellectualization.

The subject of the study is structural models, methods, schemes and software complexes, which are focused on obtaining and processing information obtained during the operation of the greenhouse, as well as full automation of the process of growing plants.

АНОТАЦІЯ

Андрющенко Дмитро Дмитрович. Інтелектуальна система обслуговування тепличного серидовища. – Магістерська кваліфікаційна робота.

Актуальність теми дослідження. Зі швидким зростанням населення, індустріалізацією, зміною клімату та забруднення навколишнього середовища поширюються, а площа орних земель у світі з кожним роком зменшується. Це створює серйозну проблему для майбутньої продовольчої безпеки. Згідно з нещодавнім дослідженням Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), населення світу зросте до 9,73 мільярда до 2050 року та 11,2 мільярда до кінця 2100 року. Це посилює занепокоєння фермерів у всьому світі щодо майбутньої продовольчої безпеки. Крім того, раптові зміни погоди та підвищена солоність прісноводних спіралей також викликають стрес у фермерів. Тому традиційний сільськогосподарський сектор потребує радикальних змін, щоб забезпечити екологічне та стійке постачання продовольства. Тепличне господарство або сільськогосподарські технології вважаються одним із життєздатних та альтернативних рішень для забезпечення продовольчої безпеки, а також соціальної та екологічної стійкості в майбутньому.

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено проблеми сучасного сільсько-господарчого сектору, та їх рішення. Також було розроблено пристрій для інтелектуалізації тепличного середовища і мобільний додаток, який дозволяє віддалено отримувати інформацію з сенсорів теплиці.

Об'єктом дослідження є процеси побудови системи “Розумної теплиці”, та її інтелектуалізації.

Предметом дослідження є структурні моделі, методи, схеми та програмні комплекси, що орієнтовані на отримання та обробку інформації отриманої під час експлуатації теплиці, а також повної автоматизації процесу вирощування рослин.

Дослідження побудоване на аналізі сучасних систем інтелектуалізації і прикладних розробок вчених в ІТ галузі. Для вирішення поставлених завдань використано: методи IoT, методи MAS, Багатоагентна методи побудови системи , методи створення мобільних додатків, методи організації обробки та отримання даних віддалено.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка інтелектуальної системи розумної теплиці, здатної працювати в автономному режимі без втручання людини, отримувати та передавати дані на сервер, де вони обробляються та подаються у готовому вигляді у додаток. Вимогами до системи є:

- враховувати особливості вирощування різних культур;
- враховувати можливість підключення до бездротових систем;
- система повинна бути повністю автоматизованою;
- додаток має бути інтуїтивно зрозумілим та інформативним.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- дослідити існуючі інтелектуальні системи обслуговування тепличного середовища та сучасні методи їх створення;
- розробити функціональну схему пристрою забезпечення тепличного середовища ;
- створити програмне забезпечення та мобільний додаток, для інтелектуалізації системи.

У першому розділі розглянуто актуальність інтелектуалізації тепличного середовища та зроблено огляд матеріалів по заданій темі. Тривіальні методи ведення сільського господарства породжують різноманітність загрози росту та живленню рослин. Наявність робочої сили, точність у відсотках точності виявлення захворювання, рішення щодо інтервалу часу поливу, підгодівлі рослини з правильною пропорцією добрив, і пестициди є одними з проблем, які фермери проходять під час виробництва.

Ріст рослин в основному залежить від середовища такі параметри, як вологість, вологість ґрунту, рівень CO₂, і т.д. Неможливо всіх проконтролювати і контролювати параметри разом у відкритому середовищі. Однак хорошим варіантом є тепличне господарство техніка, що сприяє підвищенню врожайності культур і врівноважує параметри, захищене вирощування, і процес починається з сіянци, саджанці, насадження і т. д. Вирощування рослин в теплицях має кілька проблем, які включають: правильну пропорцію поживних речовин, доступних для рослини, мінливість в температурі та вологості, точний моніторинг ґрунт та його зволоження, виявлення хвороб та їх запобігання та періодичний збір інформації. Рішення спрямоване на зменшення залучення робочої сили та створення підвищення рівня автоматизації.

Також було розглянуто два підходи створення інтелектуальної системи, які добре доповнюють одна іншу. Перший підхід – це IoT, або Інтернет речей. Інтернет речей (IoT) — це мережа фізичних об'єктів — пристроїв, інструментів, транспортних засобів, будівель та інших елементи, вбудовані в електроніку, схеми, програмне забезпечення, датчики та підключення до мережі, що дозволяє цим об'єктам збирати та обмінюватися даними. Другий підхід – це, або мультиагентні системи (MAS). MAS є окремим випадком розподіленої системи, і її особливість полягає в тому, що компоненти системи автономні та егоїстичні, прагнуть задовольнити свої власні цілі. Агентне моделювання – це підхід до моделювання систем, який зосереджується на моделюванні складних технічних систем, які розподілені та передбачають складну взаємодію між людьми та машинами. Зроблено огляд сучасної літератури для дослідження і порівняння різноманітних рішень інтелектуалізації.

У другому розділі розроблена функціональна схема пристрою на основі обраних компонентів. Система складається з плати ArduinoUNO, що має власну пам'ять та процесор. До плати можливо підключити різну кількість датчиків та пристроїв, що й було зроблено у цій роботі. Першим пристроєм було реле –

пристрій для замикання та розмикання електричного кола. Наступним пристроєм став сервопривід – пристрій, що відповідає за відкриття вікон для забезпечення вологості повітря у теплиці. Далі у роботі розглянуто геркон – це датчик для контролю відкриття/закриття дверей. Для вимірювання вологості та температури повітря був обраний датчик DHT22. За для контролювання рівня світла був обраний фоторезистор, за допомогою якого пристрій отримує інформацію щодо освітленості у теплиці. Датчики рівня води, розглянуті у роботі є невід’ємною частиною системи. Один датчик призначений за для контролювання рівня вологості ґрунту, інший для контролювання рівня води у резервуарі. Далі був обраний годинник реального часу, що використовується для контролювання часових проміжків процесів системи. Датчик якості повітря, що використовується для визначення вмісту та кількості шкідливих та небезпечних газів у повітрі. Також у розділі було розглянуто ArduinoEthernetShield – плата розширення, що дозволяє Arduino підключатися до Інтернету.

У третьому розділі було проведено обґрунтування обраних засобів реалізації, розроблено програмне забезпечення та створений мобільний додаток.

Arduino – це платформа з відкритим вихідним кодом, що дозволяє використовувати просте обладнання та програмне забезпечення за допомогою спеціальної мови програмування та застосунку. Також перевагою даної системи є її кросплатформенність, що дозволяє їй взаємодіяти з будь-якою операційною системою.

Робота системи побудована на взаємодії мікроконтролера з датчиками. Вся інформація отримана з пристрою передається на платформу ThingSpeak, де зчитується, обробляється та передається далі у створений мобільний додаток за допомогою Інтернету.

ThingSpeak – це відкрита IoT-платформа, що створена для взаємодії та обробки даних, які отримуються та збираються з різних віддалених пристроїв, таких як Arduino та сенсорів приєднаних до неї.

Для створення мобільного застосунку була обрана платформа MITAppInventor. Створення алгоритму та інтерфейсу додатку описано у роботі.

У Висновках показано, що поставлена мета повністю виконана .

У роботі було застосовано багатоагентний підхід при створенні системи обслуговування тепличного середовища, кожен датчик системи, що підключений до мікроконтролера є окремим агентом, який виконує свою окрему функцію і не є перешкодою для роботи інших агентів. За для вирішення задачі з інтелектуалізації було застосовано IoT-платформу ThingSpeak, завдяки якій проводиться постійний контроль та збір даних з кожного датчика системи, після чого вся отримана інформація автоматично оброблюється та подається у доступному вигляді у профілі сервісу. Також було створено мобільний додаток, за для більшої оптимізації процесу взаємодії користувача і системи. Структура системи виглядає так, що кожен агент системи є незалежною ланкою, яка взаємодіє з іншими, але не заважає їм.

Система розумної теплиці дозволяє залишати надто вимогливе до умов рослини без нагляду невизначений термін. Мікроконтролер аналізує зміни у мікрокліматі всередині теплиці та реагує на них активуючи ті чи інші компоненти системи, що дозволяє утримувати умови вирощування тривалий період часу. Структура автоматизації регулювання процесів є системою з датчиків на основі платформи Arduino, багатоагентний підхід допоміг оптимізувати паралельні процеси незалежних компонентів, Інтернет речей – ключова ланка усієї інтелектуальної системи, яка виступає мостом між автоматизованою структурою, та мобільним додатком, який інформує користувача.

В кінцевому результаті було отримано інтелектуальну систему обслуговування тепличного середовища, яка задовольняє сучасні потреби і вирішує нагальні проблеми людства.

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ТЕПЛИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА,
БАГАТОАГЕНТНА СИСТЕМА, ІОТ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ARDUINO, СІЛЬСЬКЕ
ГОСПОДАРСТВО, ТЕПЛИЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Список опублікованих робіт за темою магістерської роботи:

1. Андрющенко Д. Д. Мультиагентні системи для обслуговування тепличного середовища. *Традиції та нові наукові стратегії у центральній та східній Європі*: Матеріали V Міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 24 черв. 2022 р. Київ, 2022. С. 122–124.

Список робіт наукового керівника за темою магістерської роботи:

1. Axak N. Development of multi-agent system of neural network diagnostics and remote monitoring of patient. - *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. 4/9 (82) P.4-11.

2. Аксак Н.Г. Мультиагентна система нейромережевої діагностики та віддаленого моніторингу пацієнта *Інформаційні технології: проблеми та перспективи*: монографія за заг. ред. В. С. Пономаренка. Х.: Вид. Рожко С. Г., 2017. С. 325-340. ISBN 978-966-97498-5-7.

3. Аксак Н.Г. Багатоагентні системи прискореної нейромережевої обробки великих даних *Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту*: Збірник наукових праць- Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2017. С.237-239

4. Аксак Н.Г. Концепція побудови мультиагентних систем розподіленої нейромережевої обробки великих даних. *Вісник ХНТУ №3(66), ТОМ 1, 2018р. С. 205-212.*

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів , одиниць, скорочень, термінів	15
Вступ.....	16
1 Актуальність проблеми інтелектуалізації теплиць та аналіз її предметної області	17
1.1 Опис системи розумної теплиці та її компонентів	17
1.1.1 Теплиця.....	18
1.1.2 Типи поливів та система автополиву	21
1.1.3 Система провітрювання теплиці.....	24
1.1.4 Датчики вологості та температури.....	26
1.2 Мультиагентні системи у контексті інтелектуалізації тепличного середовища	28
1.3 Інтернет речей, як рішення сучасних проблем	30
1.4 Огляд літературних джерел.....	31
2 Розробка функціональної схеми пристрою розумної теплиці.....	38
2.1 Опис обраної платформи	38
2.3 Опис датчиків та схем їх підключення до Arduino.....	39
3 Розробка програмного забезпечення та мобільного додатку для інтелектуалізації теплиці	49
3.1 Вибір та обґрунтування засобів реалізації.....	49
3.2 Розробка алгоритмів функціонування системи.....	50
3.3 Програмна реалізація створених алгоритмів.....	52
3.4 Створення та налаштування ThingSpeak, як інструменту інтелектуалізації	54
3.5 Застосування мобільного додатку	57

Висновки	62
Перелік використаних джерел	63
Додаток А.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
Додаток Б.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
Додаток В	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ , ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

IoT – Internet of Things

MAS – Multi-agent System

МК– мікроконтролер

IDE – інтегроване середовище розробки

ДВ – Датчик вологості

SMS –Short message service

URL – Uniform Resource Locator

API – Application Programming Interface

УФ – Ультрафіолет

JSON – JavaScript Object Notation

GSM – Group Special Mobile

ВСТУП

Суспільство дедалі більше уваги приділяє якості життя людей. Поняття якості життя включають такі області, як харчування. Це дуже важливо для комфортного життя людей та надалі впливає на розвиток суспільства. Сільське господарство - один із способів прогодувати людей.

З'являється все більше технологій для розвитку цієї галузі. Особливо це помітно у закритих ґрунтах, тобто рослинництві в теплицях. Люди розробляють нові системи посадки та стежать за процесом зростання. Складальні, переробні, пакувальні та складські приміщення.

Нововведенням у цій сфері є розробка розумних теплиць чи агроферм. Метою є отримання врожаю високої якості, підвищення екологічності виробництва та скорочення кількості використовуваних ресурсів.

Використання розумних теплиць дуже актуальне та вигідне. Все частіше можна зустріти промислові агрокомплекси, які роблять ставку на технологію розумних теплиць. Навіть деякі заповзятливі громадяни будують подібні споруди на ділянках та підвіконнях. Якщо площі, які займає завод, можна буде використовувати продуктивніше, то якісної продукції вистачить не тільки на внутрішні потреби, а й на імпорт з-за кордону. Крім того, якщо система недорога і проста в управлінні, вона буде доступна практично всім потенційним користувачам і може використовуватися як у промислових масштабах, так і в приватних будинках.

Для задоволення всіх потреб людини при використанні розумної теплиці використовується метод мультиагентного моделювання(MAS), де система будується на взаємодії різних агентів, таких як безліч датчиків, система управління (мікроконтролер) та сама людина.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ТЕПЛИЦЬ ТА АНАЛІЗ ЇЇ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Опис системи розумної теплиці та її компонентів

Спочатку розглянемо поняття «розумна теплиця». Це опалюваний парник, який є захисною спорудою для вирощування ранньої розсади (наприклад: капусти, томатів, огірків), в основі якої лежать каркас і світлопрозорі конструкції. Також використовуються найчастіше додатково системи автополиву, системи провітрювання, авто-підігрів, штучне освітлення.

Тривіальні методи ведення сільського господарства породжують різноманітність загрози росту та живленню рослин. У статті [1] розглянуті проблеми вирощування рослин та їх рішення. Наявність робочої сили, точність у відсотках точності виявлення захворювання, рішення щодо інтервалу часу поливу, підгодівлі рослини з правильною пропорцією добрив, і пестициди є одними з проблем, які фермери проходять під час виробництва.

Ріст рослин в основному залежить від середовища такі параметри, як вологість, вологість ґрунту, рівень CO₂, і т.д. Неможливо проконтролювати всі параметри разом у відкритому середовищі. Однак хорошим варіантом є тепличне господарство: техніка, що сприяє підвищенню врожайності культурі врівноважує параметри, захищене вирощування, і процес починається з насадження сіянців, саджанців, і т. д. це впливає на те, що швидкість росту рослин при тепличному вирощуванні майже вдвічі швидше, ніж вирощування у відкритому ґрунті.

Вирощування рослин в теплицях має низку проблем: правильну пропорцію поживних речовин, доступних для рослини; мінливість в температурі та вологості; точний моніторинг ґрунту та його зволоження; виявлення та запобігання від хвороб і періодичність збору інформації. Рішення спрямоване на зменшення залучення робочої сили та автоматизацію процесу.

Зараз широко використовуються пристрої з підтримкою IoT: системи контролю та діагностики агропромислового комплексу розглянуті у статті [2]. Технології IoT складаються з датчиків, приводи, зручності даних на основі хмарних обчислень, дрони, навігаційна та аналітична система, яка дозволяє архітектурі приймати розумні рішення для підвищення врожайності.

Пристрої IoT можуть надавати інформацію про докілья змінні, включаючи вологість, температуру та кліматичні умови, а також про польові змінні, такі як ґрунт і рослини біомаси. Його можна використовувати для прогнозування та моніторингу якості врожаю для споживачів. Крім того, IoT можна використовувати для збору даних і зберігання їх у хмарних обчислювальних пристроях для створення служб оповіщення та надсилання коротких повідомлень (SMS) фермерам. Дані, що зберігаються в хмарі, також можуть використовувати для розробки прогнозних моделей, які можуть прогнозувати змінні, що впливають на посіви.

Традиційна техніка тепличного господарства в основному використовується для вирощування фруктів і овочів. Однією з головних цілей використання Інтернету речей у тепличному господарстві є забезпечення довгострокового стійкого рішення для фермерів. Опис кожної частини «розумної теплиці» наведено нижче.

1.1.1 Теплиця

Це головний компонент, для якого і буде розроблена система автополиву та провітрювання [3]. Каркас теплиці може бути виготовлений із металевих, пластикових труб, або дерев'яних рейок. Металевий каркас міцний та недорогий, термін служби розрахований щонайменше на 10 років. Дерев'яний найдешевший і найпростіший у догляді, але не довговічний і його необхідно обробити антисептичними засобами. Каркас із пластикових труб може служити тривалий час, не гниє, не потрібно нанесення захисних засобів, але при тривалому знаходженні на Сонці може деформуватися.

Як світлопрозоре заповнення використовуються скло, поліетиленова плівка, спанбонд чи полікарбонат. Поліетиленова плівка - один із найдешевших і широко використовуваних покривних матеріалів. Її легко можна закріплювати на теплиці будь-якої конструкції, вона чудово пропускає сонячні промені, і служить чудовим захистом для рослин від невеликих заморозків (до -3°C). Можуть використовувати і поліетиленову армовану плівку. Вона має ті ж переваги, що і звичайна, але завдяки спеціальній армованій сітці відрізняється підвищеною міцністю. Ця плівка здатний витримати і сильний вітер, і град. Цю плівку можна використовувати кілька років поспіль. Це міцний нетканий матеріал білого кольору, здатний витримати не лише вітер, град та сильний дощ, а й натиск птахів. Спанбонд захищає рослини від заморозків до -7°C та може використовуватися близько 5 сезонів поспіль.

Але найкращим матеріалом є стільниковий полікарбонат. Він відомий своєю міцністю, що перевищує міцність скла. Завдяки цій властивості теплицям з полікарбонату не страшні зливи, пориви вітру і навіть град. Ще однією важливою перевагою полікарбонату є його тривалий термін служби. З часом (гарантія на матеріал 15 років) він зберігає свою прозорість. Різновиди теплиць зображені на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Різновиди теплиць

Прямокутні теплиці можуть легко забезпечити оптимальне освітлення для рослин. Ці теплиці також зручні та прості в експлуатації. Існують також

пристінні теплиці, які пристосовуються до стін будівель (будинків, веранд тощо), але, як правило, мають односхилий дах. Такі конструкції 12 здатні суттєво економити як будматеріали, так і розміщення, тому по праву вважаються одними з економічних. Це особливо важливо, якщо площа ділянки обмежена.

По-друге, склепінчасті теплиці дуже недорогі, а завдяки тому, що в їх конструкції відсутні гострі кути, для них потрібно набагато менше покривного матеріалу, ніж, наприклад, для прямокутних теплиць того ж розміру. Багатокутні та теплиці-піраміди не набули широкого поширення через свою високу вартість та складність складання.

Найбільш поширені та найбільш популярні арочні теплиці, виконані з металевих труб та полікарбонату. Дані теплиці останнім часом часто мають попит, так як вона дешева у покупці, прості у складанні та обслуговуванні, а також здатні простояти 10 років і більше. Використання стільникового полікарбонату як покривний матеріал вигідно, так як його властивості міцності перевершують властивості міцності скла. На рисунку 1.2 зображено приклад арочної теплиці з полікарбонату та алюмінію.



Рисунок 1.2 – Арочна теплиця з полікарбонату та алюмінію

1.1.2 Типи поливів та система автополиву

Полив рослин у теплиці традиційним способом (за допомогою лійки) вимагає чимало фізичних зусиль, до того ж не гарантує, що рослини не постраждають від нестачі чи надлишку вологи.

Зазвичай для зрошення використовують поливальний шланг, який звично перекидається з грядки на грядку. При цьому потрібно робити багато копіткої роботи, яка забирає сили та час. Тому поява систем автоматичного поливу була зустрінута радісно дачниками та садівниками. Зараз такі конструкції, зроблені своїми руками чи куплені в магазині, надають неоціненну допомогу на багатьох городах.

Можна виділити кілька видів цих пристроїв залежно від способу поливу. Розглянемо найпоширеніші способи автоматичного поливу: поверхневий, дощуванням, внутрішньо-грунтовий, краплинне зрошення, дрібнодисперсне зрошення. Кожен з них має ряд переваг та недоліків [4].

Поверхневі методи виконуються з гребенями, смугами та затопленням. Бороздковий полив проводять при обробітку просапних культур, при стрічковому посіві польових та овочевих культур, при плодово-ягідних насадженнях. Недоліками цього способу зрошення є висока трудомісткість та неефективний водорозподіл за необхідності зрошення невеликих площ. Крім того, при неглибокому шарі розсолу можливе засолення смуг борозни внаслідок випаровування вологи.

Смугастий полив застосовують для мокрого підживлення, суцільного, рідше, широкорядного посіву, поливу саду. Цей метод зрошення використовується на полях із середнім рельєфом. При такому способі зрошення замочується майже вся зрошувана площа. Це особливо важливо для отримання дружних, однорідних та повних сходів урожаю. Такий спосіб поливу з великою зрошувальною нормою забезпечує низхідний потік поливної води, тому що запобігає підйому солей на поверхню ґрунту при дуже глибокому заляганні ґрунтових вод. Продуктивність праці системи зрошення в цей спосіб вища, ніж

поливу по борознах. Недоліком цього способу поливу є те, що весь ґрунт ущільнюється і утворюється поверхнева ґрунтова кірка.

Повеневий полив може розтріскати ґрунт і пошкодити кореневу систему рослини. Для розпушування ґрунту зубною бороною чи обробки ротаційною мотикою потрібна голчаста борона. Після поливу різко знижується аерація ґрунту, тимчасово знижується мікробна активність та нітратоутворення у ґрунті, глибоко вимиваються раніше накопичені нітрати поливною водою. Ці явища тимчасово погіршують азотне харчування рослин. До недоліків цього способу поливу можна віднести руйнування структури ґрунту та нерівномірність глибини зволоження ґрунту на зрошуваній площі.

Дошальне зрошення складається з розбризкування води на поверхню зрошуваної площі за допомогою спеціального розбризкувача. Це найбільш ефективний метод, оскільки він наближається до умов, створених природним зволоженням. При цьому він зволожує не лише ґрунт, а й повітря, і поверхневий шар рослин. Зрошення не лише підвищує врожайність, а й значно покращує якість овочів та інших культур. До недоліків зрошення відносяться нерівномірна змочуваність ґрунту при швидкості вітру понад 3 м/с, зменшена глибина підмивання ґрунту, пошкодження слабких рослин (саджанців), пошкодження квіткових бруньок після рясних опадів, засихання та ін.

Внутрішньогрунтовий (підгрунтовий) полив здійснюється шляхом подачі води в ґрунт через пори або з'єднання трубчастих зволожувачів і кротів, виконаних на глибину 40-50 см у ґрунт. Відстань між зволожувачем у полі та овочевою сівозміною становить 1,0-1,2 м, у саду 1,8-2,0 м, на винограднику 2,0-2,5 м, причому вода до зволожувача подається відкритими каналами або трубами. Капілярна дія води потім піднімається нагору, внаслідок чого відбувається зволоження діяльного шару ґрунту. Цей метод зрошення може підтримувати вологість ґрунту близького до капілярної вологості. При цьому методі поверхня ґрунту не змивається і не еродується, не утворюються ґрунтові кірки, вода випаровується набагато менше, ніж при інших методах, і відсутня зрошувальна мережа, тому польові роботи можна проводити у будь-який час, витрати на полив скорочуються. Недоліки внутрішньогрунтового

зрошення: недостатнє зволоження верхнього шару ґрунту, збереження частини глибинних вод за коренеплідним шаром ґрунту, підвищене засолення засолених ґрунтів, великі витрати.

Крапельне зрошення - це безпосередня подача невеликої кількості води (крапель) в зону кореневої системи рослини за допомогою тпіб, неглибоко заглиблених у ґрунт, або на поверхню ґрунту за допомогою мікровипуску крапельниці. Такий спосіб дозволяє підтримувати оптимальну вологість ґрунту протягом усього вегетаційного періоду. На рисунку 1.3 показано систему автоматичного краплинного зрошення.

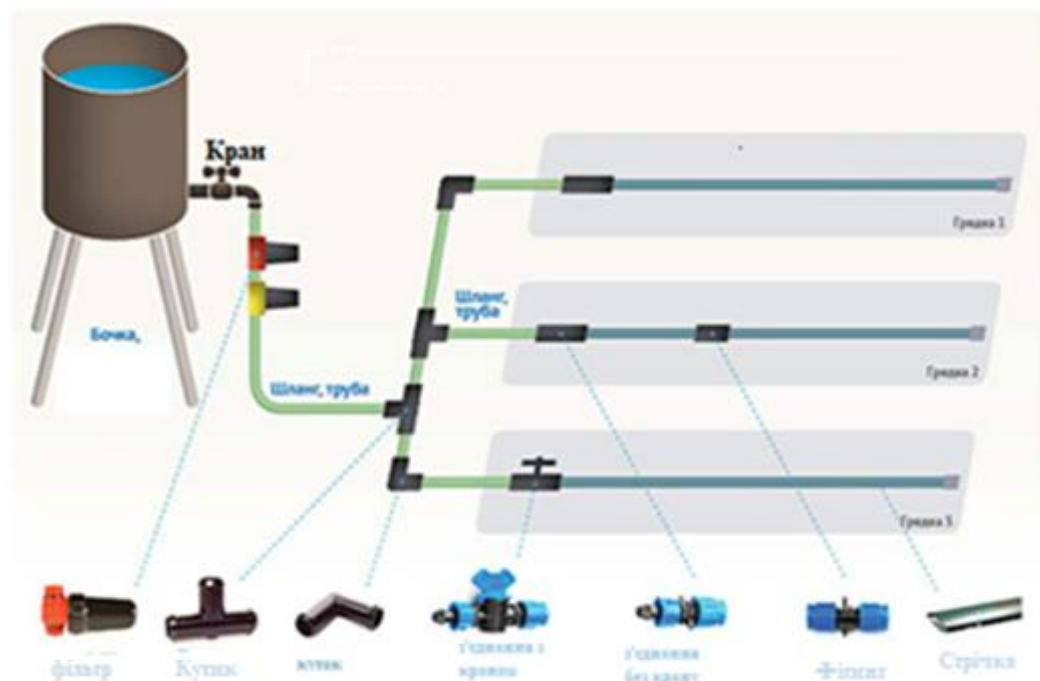


Рисунок 1.3 – Схема системи крапельного автополиву

Цей спосіб застосовують у багаторічних насадженнях: садах, виноградниках та плантаціях інших культур на ґрунтах зі складним рельєфом та високою водопроникністю. Цей спосіб поливу характеризується безперервною та рівномірною подачею води протягом усього вегетаційного періоду рослини. Крапельне зрошення має багато переваг над іншими методами. Низькі витрати на зрошення, можливість регулювати подачу води для випаровування та фільтрації за вцілілими шарами, а також усувати

поверхневий стік, заощаджуючи воду. Можливе локальне внесення поживних речовин із поливною водою для створення сприятливого водно-повітряно-грунтового режиму живлення. Такий спосіб зрошення виключає можливість підйому ґрунтових вод та вторинного засолення ґрунту.

Мікродисперсійний або аерозольний полив зволожує повітря, рослини та деякі поверхневі шари поверхні ґрунту. Краплі води досягають розміру 0,0007 мікроміліметра і не скочуються з листя, а залишаються на листі до повного випаровування. Такі краплі утворюються, коли струмінь води переривається розпилювачем. Протягом дня висаджені культури зволожують до 10 разів, витрачаючи на полив 100-200 л/га. Дрібнорозподілений полив знижує температуру повітря та поверхні рослин на 5-10°C, підвищуючи при цьому вологість повітря. При цьому знижується витрата води на транспірацію рослин та підвищується фотосинтетична активність.

Для якісного та зручного поливу були розроблені системи автополиву. Конструкція системи автоматичного поливу теплиць способом краплинного зрошення складається з ємності з водою, розташованої на певній висоті та мережі шлангів, розміщених у теплиці. У них на певній відстані один від одного розташовуються крапельниці, які можуть бути зовнішніми або вбудованими усередині шланга. Використання систем автополиву має ряд переваг: не доводиться витрачати час на самостійне поливання рослин, при їх використанні споживач заощаджує воду, свої сили та час, що є неоціненним плюсом.

1.1.3 Система провітрювання теплиці

Будь-яка сільськогосподарська культура потребує певних умов для зростання, дозрівання та плодоношення. Температура, вологість повітря та ґрунту граю важливу роль у цьому. Для забезпечення постійного діапазону температур у теплиці буде передбачена система провітрювання, які розроблено для того, щоб створити сприятливі умови за рахунок стабілізації температури та вологості – необхідних умов для вирощування тепличних рослин. Пристрої

для провітрювання теплиць запобігають появі протягів, які здатні занапастити рослини та майбутній урожай. Свіже повітря, надходячи до теплиці, буде сприятливим для рослин. Система провітрювання теплиць не дозволить температурі різко зростати або падати, що часто буває при самостійному провітрюванні. При таких різких перепадах температур рослинам буде досить складно рости та приносити плоди.

Дорогі системи провітрювання, оснащені різними електронними датчиками, здатні чітко визначати температуру та вологість у теплиці, та негайно реагувати на зміни, відкриваючи або закриваючи кватирку, або двері. Така «розумна» система теплиць запобігає не тільки переохолодженню або перегріву рослин, але й за рахунок підтримки правильної температури, не дасть розвиватися грибкам та шкідливим мікроорганізмам, які люблять підвищену вологість і гаряче повітря. Також можна задавати режим роботи, щоб був сприятливий мікроклімат для ваших сільськогосподарських культур.

За способом відкриття системи провітрювання можна розділити на 3 групи. Перша група – гідравлічні системи, що включають нескладну систему важелів, з'єднаних із кватирками.

Переваги даних пристроїв- автономність, надійність, простота і велика потужність. Дана система працює наступним чином: при перепаді температури змінюється вага, що діє на важіль, в результаті конструкція нахиляється в потрібну сторону і таким чином відкриває кватирку. Якщо показники температури змінюються на колишні, конструкція повертається у вихідне положення.

Кожен важіль – дві з'єднані гнучким шлангом ємності, заповнені рідиною, одна з яких розташована всередині приміщення, інша зовні.

Внутрішня ємність грає роль термометра, вона повністю герметична та частково заповнена повітрям. При підвищенні температури всередині теплиці включаються закони фізики: повітря в посудині нагрівається, розширюється і витісняє рідину, яка по гнучкого шлангу перетікає у зовнішню ємність. Під дією її ваги кватирка відкривається. При охолодженні повітря відбувається зворотний процес. Гідравлічні системи - досить прості як у виготовленні, так і

установці і відмінно підходить для створення системи вентиляції в невеликому парнику або теплиці. Проте є й недоліки. Наприклад, для охолодження рідини потрібно не менше 20 хвилин, тобто у разі різкого похолодання кватирка не встигне вчасно закритися, внаслідок чого рослини можуть постраждати.

Друга група – електричні системи. Основними частинами є вентилятор та реле. При досягненні критичного температурного показника реле спрацьовує та включає вентилятор. Переваги системи: велика потужність, зручне регулювання, підвищена чутливість. Електрична кватирка автомат для теплиці займає мінімум місця, тому її можна легко встановити у будь-якій точці приміщення. Алгоритм дії задають виходячи з умов зростання культур, він може бути елементарним або досить складним.

На жаль, електричний пристрій має мінуси. Найголовніший із них – раптове відключення електроенергії. Якщо воно станеться спекотного дня, може загинути весь урожай. Саме тому електричну систему вентиляції доповнюють резервним джерелом живлення. Сучасний перевірений варіант – механізм, або система, що працює від акумулятора, який заряджається від сонячних батарей.

Третя група систем – біметалічні. Дані системи складаються з кількох пластин з металу, які відрізняються коефіцієнтом теплового розширення. При нагріванні одна пластина набуває вигляду дуги і відкриває фрамугу, при охолодженні, відповідно, повертає її у колишнє становище.

Це недорогі автономні пристрої, що мають один мінус - невелику потужність. Отже, біметалічний пристрій є оптимальним тільки для відкривання невеликих кватирок.

1.1.4 Датчики вологості та температури

Для здійснення своєчасного поливу рослин та провітрювання приміщення теплиці системи провітрювання та автополиву включають датчики температури і вологості.

Датчики вологості (ДВ) – пристрої, що перетворюють показники відносної вологості повітря на певні величини (зазвичай ємнісне значення). Ці датчики є системою двох провідників, підключених до слабкого джерела струму послідовно з резистором, і розміщених у середовищі, вологість якої необхідно контролювати. Чим більше вологи в обсязі середовища між електродами, тим вище її провідність, тим нижчий опір ділянки (об'єму) середовища між електродами і тим більше струм через цю ділянку, що надходить від електрода до електрода.

Чим менше вологи — тим нижча провідність середовища (вищий опір) між електродами і тим слабший струм через електроди. Ось це властивість середовища та використовується при створенні датчиків вологості ґрунту та повітря в теплицях.

Сенсор вологості ґрунту - простий у пристрої датчик для визначення вологості землі, в яку він занурений. Він дозволить дізнатися про недостатнє або надлишкове поливання ваших домашніх або садових рослин.

Датчики вологості повітря будуються за дещо іншою схемою. На провідну основу з великим опором наноситься речовина, що має високу гігроскопічність, тобто властивістю активно поглинати вологу, - кухонна сіль, гіпс, хлористий літій. При підвищенні вологості повітря опір вологопоглинача знижується і сумарний опір підкладки та покриття зменшується.

Однак даним датчикам вологості повітря притаманний дуже серйозний недолік - висока інерційність через велику кількість вологопоглинача, що досягає десятків хвилин і навіть годинника.

Це означає, що при зниженні рівня вологості нижче за норму включається система, але розпилення води для зволоження повітря до норми призведе до сильного перезволоження. Такий стан зберігатиметься протягом годин, що призведе до хвороб або навіть загибелі таких рослин, як помідори, баклажани, перець, які для свого нормального росту та плодоношення потребують низької вологості повітря (30...50%).

Щоб уникнути подібних ситуацій, були розроблені спеціальні датчики вологості повітря на основі високоомних резисторів МЛТ-2,0 с мінімальною кількістю вологопоглинача.

1.2 Мультиагентні системи у контексті інтелектуалізації тепличного середовища

Мультиагентні системи (MAS) це розподілені системи, особливість яких полягає в тому, що їхні компоненти автономні та егоїстичні, які прагнуть задовольнити свої власні цілі. Крім того, ці системи також виділяються тим, що є відкритими системами без централізованої конструкції [29]. Однією з головних причин великого інтересу та уваги до мультиагентних систем є те, що вони розглядаються як технологія для складних додатків, які вимагають розподіленої та паралельної обробки даних і працюють автономно в складних і динамічних областях.

MAS є окремим випадком розподіленої системи, і її особливість полягає в тому, що компоненти системи автономні та егоїстичні, прагнучи задовольнити свої власні цілі. Крім того, ці системи також виділяються тим, що є відкритими системами без централізованої конструкції. Однією з головних причин великого інтересу та уваги до мультиагентних систем є те, що вони розглядаються як технологія для складних додатків, які вимагають розподіленої та паралельної обробки даних і працюють автономно в складних і динамічних областях.

Агентне моделювання — це підхід до моделювання систем, який зосереджується на моделюванні складних технічних систем, які розподілені та передбачають складну взаємодію між людьми та машинами [4]. Моделі імітують одночасні операції кількох сутностей (агентів) у спробі відтворити та передбачати дії складних явищ. Це аварійний процес від самого елементарного рівня (мікро) до найвищого рівня (макро).

Концепція розумного міста виникає через необхідність знайти рішення для швидкого зростання населення та таких ризиків як: економічних – безробіття,

фізичних – надмірне забруднення. Для вирішення цих проблем, серед багатьох інших, були застосовані різні технології, щоб знайти рішення в цій області. Розумне місто — це великий взаємозв’язаний організм, який разом із розумним урядом прагне покращити якість життя своїх громадян [5]. Наприклад, частиною «розумного міста» [5] може стати система автоматичного поливу кімнатних рослин, яка може бути використана як в побутових умовах, так і доведена та адаптована під розумні теплиці. Система характеризується безперебійним і швидким водопостачанням. Завдяки використанню автоматичного зрошення можна значно знизити трудомісткість і витрати на воду. Концепція проста, але ефективна: для життєзабезпечення органічних культур мінімізується втручання людини в усі процеси регулювання – від вологості ґрунту до температури повітря.

Система автоматичного поливу базується на пристрої Arduino який керує всіма процесами, датчиках вологості (вологості ґрунту, вологості повітря), датчиках температури(температури повітря, температури ґрунту), датчиках освітлення, помпа, за допомогою якої відбувається полив, обігрівачі повітря та ґрунту, зволожувачі повітря. Принцип керування за зворотним зі’язком: пристрій отримує дані від датчиків, розраховує різницю поточних показників від норми та на основі цього віддає команди всій системі виконувати задані функції.

Для прийняття рішень існує величезна різноманітність будь-яких методів з різним рівнем складності. Забезпечити погоджені рішення дозволяє обчислювальна парадигма з використанням мультиагентних систем (МАС).

У різних сферах діяльності мотивація застосування МАС різна, однак можна виділити основні переваги їхнього застосування: суб’єкти беруть до уваги особливості додатка й навколишнього середовища; є можливість моделювання й дослідження взаємодії між суб’єктами; окремі компоненти системи моделюються на різних рівнях [30 – 33].

1.3 Інтернет речей, як рішення сучасних проблем

Фраза «Інтернет речей» стосується підключення різних фізичних пристроїв і об'єктів по всьому світу через Інтернет. Термін «Інтернет речей» був вперше запропонований Кевіном Ештоном у 1999 році. Наступний розділ ілюструє основи Інтернету речей. Він стосується різних рівнів, які використовуються в IoT, і деяких основних термінів, пов'язаних із цим. В основному це розширення послуг, що надаються Інтернетом.

У цьому [6] розділі також представлена архітектура IoT. Наприклад, коли побутові пристрої нашого повсякденного життя підключаються до Інтернету, систему можна назвати розумним будинком у середовищі IoT. IoT – це не просто глибоке бачення майбутнього. Він уже впроваджується та впливає не лише на технологічний розвиток.

Інтернет речей – це мережа фізичних об'єктів: пристроїв, інструментів, транспортних засобів, будівель та інших елементів, вбудовані в електроніку, схеми, програмне забезпечення, датчики та підключення до мережі, що дозволяє цим об'єктам збирати та обмінюватися даними.

Інтернет речей дозволить віддалено сприймати об'єкти та керувати ними через існуючі мережеві інфраструктури, створюючи можливості для інтеграції фізичного світу безпосередньо до комп'ютерних систем, підвищуючи ефективність та точність.

Концепція мережі інтелектуальних пристроїв обговорювалася ще в 1982 році, коли модифікована кока-кола-машина в Університеті Карнегі-Меллона стала першим пристроєм, підключеним до Інтернету, здатним повідомляти про свій запас і про те, чи холодні щойно завантажені напої. Кевін Ештон (народився в 1968 році) — британський піонер технологій, відомий тим, що винайшов термін «Інтернет речей» для опису системи, в якій Інтернет з'єднаний із фізичним світом через всюдисущі датчики.

IoT здатний взаємодіяти без втручання людини. Деякі попередні додатки IoT вже розроблені в охороні здоров'я, транспорті та автомобільній промисловості.

Технології IoT знаходяться на початковій стадії; однак багато нових подій відбулося в інтеграції об'єктів із датчиками в Інтернеті. Розробка IoT включає багато питань, таких як інфраструктура, комунікації, інтерфейси, протоколи та стандарти.

1.4 Огляд літературних джерел

Швидка зміна клімату, демографічний вибух і скорочення орних земель вимагають нових підходів до забезпечення сталого сільського господарства та постачання продовольства в майбутньому. Тепличне сільське господарство вважається життєздатною альтернативою та стійким рішенням, яке може боротися з майбутньою продовольчою кризою, контролюючи місцеве середовище та вирощуючи зернові культури цілий рік, навіть у суворих зовнішніх умовах. Однак тепличні ферми зберігають багато проблем для ефективної роботи та управління. Вважається, що технології IoT, які розвиваються, охоплюють інтелектуальні датчики, пристрої, мережеві топології, аналітику великих даних та інтелектуальні рішення, що є рішенням для вирішення ключових проблем, з якими стикається тепличне господарство, таких як тепличний локальний клімат-контроль, моніторинг росту культур, збирання врожаю тощо.

У статті [7] розглядаються поточні технології вирощування в теплицях, а також найсучасніші технології Інтернету речей для розумних тепличних ферм.

У статті [8] представлено потенціал Інтернету речей у сфері тепличного господарства та створення розумного сільського господарства. Різні параметри, такі як вологість, рівень розчину поживних речовин у воді, значення рН і електропровідності (EC), температура, інтенсивність ультрафіолетового випромінювання, рівень CO₂, туман і кількість інсектицидів або пестицидів, контролюються різними датчиками, щоб отримати суттєві знання бути зафіксованим і раннім виявленням несправності та діагностикою. Система підтримки прийняття рішень (DSS) діє як центральна операційна система, яка

керує та координує всі дії. Ця робота враховує різні проблеми тепличного вирощування троянд і висвітлює нове рішення на основі Інтернету речей.


Інтернет речей нещодавно привернув величезну увагу дослідників з боку промисловості та наукових кіл. IoT дуже допомагає підвищити рівень життя завдяки перетворенню звичайних технологій на розумні системи. Тепличне виробництво вважається найкращим рішенням для зростання глобального попиту на продукти харчування внаслідок зростання населення. Теплиця забезпечує цілорічне виробництво свіжих овочів із збільшенням продуктивності приблизно на 50% у порівнянні з вирощуванням на відкритому повітрі. Однак енергоспоживання та вартість праці в теплицях становлять понад 50% вартості тепличного виробництва.

У статті [9] запропоновано нову схему оптимізації, яка спрямована на досягнення компромісу між споживанням енергії та бажаними кліматичними умовами в теплиці, тобто температурою, рівнем CO₂ і вологістю. Для оцінки продуктивності запропонованої системи було розроблено спеціальний емулятор тепличного середовища. Для перевірки запропонованої моделі та експериментального аналізу було використано дані зовнішнього середовища за 15 днів, зібрані в Чеджу, Південна Корея. Результати запропонованої схеми оптимізації порівнюються з базовою схемою. Порівняльний аналіз експериментальних результатів показує, що запропонована модель підтримує бажане середовище в приміщенні для максимізації виробництва врожаю зі зниженням споживання енергії на 26,56% порівняно з базовою схемою. Запропонована модель забезпечує зниження витрат на 27,76%.

Дослідження [10] реалізує ідею автоматизації за допомогою Інтернету речей у тепличному середовищі. Розробка зосереджена на розгортанні сільськогосподарських теплиць на невеликому рівні, перетворюючи їх на розумну теплицю. Вони мають допомогти у моніторингу умов тепличного середовища, управлінні зрошенням води, зборі зображень за допомогою встановлених камер, а також прогнозуванні захворювань рослин на основі зібраних наборів даних листя. Це дослідження зосереджено на розробці з метою перевірки запропонованого дизайну та архітектури системи для відповідного

моніторингу навколишнього середовища на основі Інтернету речей, керування системою зрошення води та ефективного методу виявлення захворювань листя.

Інтернет речей натякає на мережу фізичних об'єктів, підключених до Інтернету для обміну даними та надсилання команд керування. Його використовували на багатьох заводах для різних цілей. У цьому [11] документі представлено інтелектуальний диспетчерський нечіткий контролер (ISFC) для керування температурою, вологістю ґрунту та вологістю в розумній теплиці за допомогою IoT. Представлений ISFC перевіряє дані та запобігає пошкодженню рослин, а також має систему тривоги для сповіщення користувачів. Функції належності запропонованого контролера оптимізовано за допомогою алгоритму Java. Він був розроблений, щоб бути зручним для користувача, щоб користувач міг дистанційно контролювати та змінювати бажані значення параметрів теплиці, а також отримувати сповіщення про виникнення будь-якої події, як-от пожежа. Практичні результати показують, що параметри теплиці успішно контролюються запропонованим контролером.

Теплиця  це територія з розташуванням компонентів і речей, покрита такими матеріалами, як поліетилен або скляний дах, або переважно покрита зеленою сіткою; Оскільки рослини, корпус, ґрунт та інші матеріали всередині конструкції поглинають видиме сонячне випромінювання від сонця, конструкція різко нагрівається. В результаті парникові гази всередині будівлі збільшуються. Багато фермерів не можуть добре заробити на теплицях, тому що вони не в змозі контролювати два критичні фактори: продуктивність і ріст рослин. Розумна система моніторингу теплиць розроблена, щоб допомогти фермерам у подоланні цих проблем. Пристрій моніторингу теплиці [28] живиться від мікроконтролерів Arduino та Atmega328 і включає вентилятор 12 В постійного струму, РК-дисплей і датчики, такі як датчик вологості ґрунту, датчик вологості, датчик температури, датчик світла, датчик світлозалежних резисторів (LDR) і насос .

Впровадження тепличного господарства є потребою часу, оскільки воно може принести користь фермерам у сільській місцевості у величезній країні, як Індія, контролювати та контролювати свої посіви за наявності різноманітних

обмежень, таких як несприятливі погодні умови, відсутність управління водопостачанням, і т.д. Реалізація теплиці ідеально підходить для вирощування та отримання врожаю, пророщування насіння та пересадки в межах доступної вартості, оскільки забезпечує всі сприятливі умови порівняно із зовнішнім середовищем. Теплична техніка в даний час використовується для великомасштабного виробництва, несезонних фруктів, овочів, покращення існуючих методів сільського господарства тощо.

Стаття [12] в основному зосереджена на тепличному вирощуванні за допомогою IoT. Послуги та можливість постійного моніторингу краще, ніж регулювання ручними методами. Оператор може легко контролювати, контролювати та переглядати дані в реальному часі, щоб спостерігати за тим, що відбувається всередині теплиці, за допомогою мобільного телефону.

У роботі [13] представлена модель розумної теплиці, яка допомагає фермерам керувати фермою механічно без використання багатьох ручних перевірок. Зрошення сільськогосподарських полів здійснюється за допомогою автоматичного крапельного зрошення, яке працює шляхом постійного моніторингу вологості та порівняння з порогом, щоб на рослини подавалась лише необхідна кількість води. Для належного управління водою площа водогосподарського резервуару вимірюється за допомогою детектора для постійного моніторингу кількості доступної води. Температурні одиниці, а також одиниці площі вологості повітря контролюються датчиками вологості та температури, а для регулювання еквівалента використовується туманоутворювач. Система також контролюється за допомогою модуля GSM для генерації пропущених рішень або SMS для сповіщення фермерів.

Наявність їжі є дуже важливою проблемою, яку необхідно вирішити через зростання населення світу. Проблема полягає в тому, як збільшити сільськогосподарське виробництво. Крім того, як зменшити використання пестицидів, щоб вони не були шкідливими для людини. Одним із рішень подолання цієї проблеми є створення розумної тепличної системи. Сільське господарство в цій розумній тепличній системі не використовує пестицидів.

Це [14] дослідження спрямоване на розробку розумних теплиць для

гідропонного землеробства на основі Інтернету речей. У цьому дослідженні ми також виміряли вміст хлорофілу в листі гірчиці, вирощеному на гідропонії в теплиці, щоб визначити статус азоту в рослині гірчиці. Контролером цієї системи є ArduinoMega2560. Передача даних між ArduinoMega2560 і платформою Firebase використовує підключення до Інтернету через модуль ESP-01. Результати показали, що всі компоненти, такі як датчики та виконавчі механізми, функціонували належним чином. Умови навколишнього середовища в теплиці можна контролювати за допомогою програми на смартфоні, а всіма приводами можна керувати за допомогою програми на смартфоні.

Теплиця – це одна з технологій у сфері сільського господарства, яка побудована на основі стін і дахів, які оточені УФ-плівкою, оскільки на неї сильно впливають навколишні умови [15, 16]. Теплиця впроваджується для досягнення найкращої якості рослин і виробництва плодів з іншим середовищем, що дає величезний вплив на економічне зростання країни.

Однак існує кілька проблем, з якими стикаються в сільському господарстві, коли різні рослини вимагають різної кількості світла, температури, вологості, води та добрив, що відомо лише фахівцям галузі [17]. Таким чином, потрібний рівень температури та вологості всередині теплиці може вплинути на послідовність росту рослин, одночасно допомагаючи зменшити експлуатаційні витрати на виробництво [18, 19]. В даний час теплиця з автоматизованою системою зрошення готова до впровадження та замінює людську взаємодію, оскільки це може підвищити ефективність виробництва рослин, оскільки традиційна техніка більше не застосовується в цій сучасній технології [20, 21]. Усі дані щодо температури, вологості та вологості ґрунту можна контролювати за допомогою датчиків та IoT. Крім того, дані можна відстежувати за допомогою мобільного додатку разом із системою Інтернету речей, оскільки це ефективний і результативний метод реалізації автоматизованих операцій в аспектах сільського господарства та сільського господарства [22]. Автоматизована система дозволила вмикати водяний насос залежно від значення датчика вологості ґрунту, оскільки це найкращий спосіб

допомогти зменшити споживання води в цьому секторі сільського господарства [23]. Крім того, вентиляція є одним із механізмів для примусового обміну повітря, що забирається ззовні в теплицю, таким чином знижуючи температуру всередині теплиці для досягнення найкращих результатів виробництва рослин [24]. Крім того, ця технологія залучає електронні компоненти для виконання всіх операцій, включаючи передачу та отримання даних від датчика, надсилання даних на сервер і запуск пристроїв виведення на основі його стану.

Оскільки електронні компоненти потребують електроенергії для живлення всієї системи, сонячна енергія є найкращою альтернативою для використання в тепличній системі порівняно з джерелом живлення від змінного струму 240 В, оскільки вона має необмежену кількість джерела енергії, яку можна збирати звідусіль [25, 26]. Крім того, вартість сонячних панелей постійно знижується протягом року, як це відбувається в Індонезії живлення вуличних ліхтарів, водонагрівачів і системи сигналізації.

З попередніх досліджень Багато дослідників намагаються винайти нову технологію для системи поливу в сільському господарстві. Порівняння представлено у таблиці I. Ніанпу Лі [25], що є одним із винахідників, які запропонували використання п'яти типів датчиків: вологості та температури, світла, датчик CO₂ у повітрі, а також тиску та рН датчики та датчик розчиненого кисню у воді. Дані з датчиків надсилаються, оновлюються та зберігаються на локальному хості через ZigBee - бездротовий стандарт передачі даних. Причиною використання ZigBee як платформи IoT є характеристики системи, яка може використовувати сітчасту топологію з дуже низьким енергоспоживанням [25].

Хасан [15], використовуючи ту саму платформу IoT, що й Ніанпу Лі [11], і збільшив кількість датчиків і різні типи сервоприводів в сільськогосподарській системі. В системі Нурулісми [23] контроль споживання води здійснюється за допомогою системи на основі Інтернету речей. Розвиток цього проекту відрізняється від запропонованого Ніанпу Лі [24], оскільки дані, зібрані з датчиків, завантажують хмарні сховища ThingSpeak.com і Firebasecloud. Система, запропонована Нандхіні [26], окрім різних типів датчиків, що

виміряють такі параметри як вологість ґрунту, рН, температура, PIR, тиск, використовує модуль GSM для зв'язку з сервером системи. Пристрій може працювати на відстані 35 кілометрів

Теплична система [27] працює з хмарою AmazonWebService (AWS), що використовується для зберігання даних, отриманих від датчика. Загалом, технології хмарного сховища та Інтернету речей в сільському господарстві та сільськогосподарському секторі стали прогресивним та ефективним рішенням сучасних проблем. Усі останні дослідження щодо розвитку IoT у цій галузі сільського господарства мають одну й ту саму мету, яка полягає у вирішенні проблеми людської взаємодії, енергоспоживання та використання води [22].

Для прийняття рішень існує величезна різноманітність будь-яких методів з різним рівнем складності. Забезпечити погоджені рішення дозволяє обчислювальна парадигма з використанням мультиагентних систем (МАС). У різних сферах діяльності мотивація застосування МАС різна, однак можна виділити основні переваги їхнього застосування: суб'єкти беруть до уваги особливості додатка й навколишнього середовища; є можливість моделювання й дослідження взаємодії між суб'єктами; окремі компоненти системи моделюються на різних рівнях [30 – 33].

Таким чином, метою роботи є розробка інтелектуальної системи розумної теплиці, здатної працювати в автономному режимі без втручання людини, отримувати та передавати дані на сервер, де вони обробляються та подаються у готовому вигляді у додаток. Для досягнення створення інтелектуальної системи тепличного середовища необхідно виконати наступні завдання:

- дослідити існуючі інтелектуальні системи обслуговування тепличного середовища та сучасні методи їх створення;
- розробити функціональну схему пристрою забезпечення тепличного середовища ;
- визначити методи та моделі для синтезу інтелектуальної системи обслуговування тепличного середовища;
- створити програмне забезпечення та мобільний додаток, для інтелектуалізації системи.

2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ РОЗУМНОЇ ТЕПЛИЦІ

2.1 Опис обраної платформи

Arduino UNO – це невелика плата із власним процесором та пам'яттю. На платі також є десятки контактів, які дозволяють підключати різні компоненти, такі як лампочки, датчики, двигуни, чайники, маршрутизатори, магнітні дверні замки і взагалі все, що працює від електрики. На рисунку 2.1 можна побачити як виглядає плата.

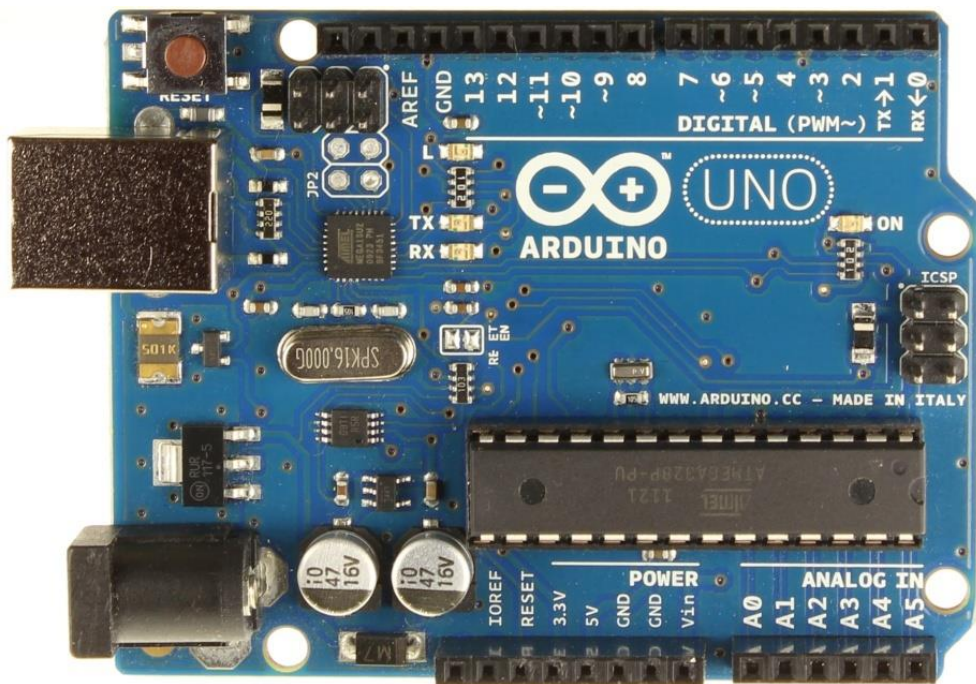


Рисунок 2.1 – Плата ArduinoUNO

Ця платформа є універсальною і має відносно невисоку ціну. Технічні рішення включають оптимізацію процесів керування вологістю, освітленням, температурою та вентиляцією теплиці з використанням датчиків вологості, світла (фоторезистори) та температури відповідно.

2.3 Опис датчиків та схем їх підключення до Arduino

Реле – електричний або електронний пристрій (ключ), призначене для замикання або розмикання електричного кола за заданих змін електричних або неелектричних вхідних впливів. Реле зображено на рисунку 2.2.

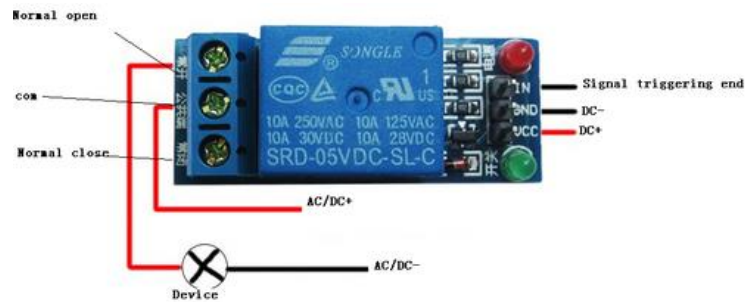


Рисунок 2.2 – Реле

У даному прикладі використовується стандартний модуль реле Arduino, якому вже встановлені всі необхідні елементи для підключення. Схеми підключення дуже проста: модуль реле приєднується до 5 pin плати Arduino. При цьому для простоти ми можемо навіть не приєднувати реальне навантаження – реле клацатиме при кожній зміні стану, ми почуємо ці клацання і будемо розуміти, що скетч працює. Схеми підключення реле на рисунку 2.3.

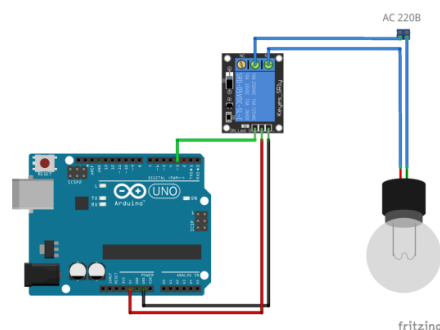


Рисунок 2.3 – Схеми підключення реле

Сервопривід - це пристрій, що перетворює сигнал у відповідний рух (звичайно обертання) виконавчого пристрою, що відповідає цьому сигналу. Являє собою прямокутну коробку з двигунами, ланцюгами та редукторами всередині та вихідним валом, який може повертатися на строго фіксований кут, який визначається вхідним сигналом. Як правило, цей кут обмежений 60 градусів, можливо 180 градусів. Зовнішній вигляд сервоприводу зображено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Сервопривід

Сервопривід має три контакти, пофарбовані в різні кольори. Коричневий провід йде на масу, червоний - живлення +5В, помаранчевий або жовтий сигнал. Пристрій Arduino підключається через макетну плату. Помаранчевий провід (сигнальний) підключається до цифрового виводу, чорний та червоний до землі та живлення відповідно. На рисунку 2.5 показано як сервопривід підключається до плати.

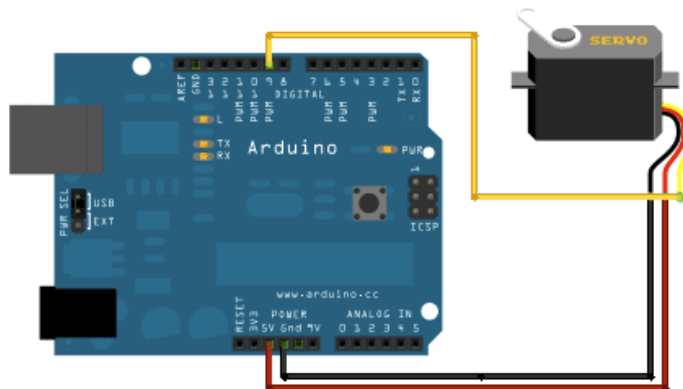


Рисунок 2.5 – Схема підключення сервоприводу

Назва "геркон" походить від слова "герметичний контакт". І це визначає його пристрій. По суті, геркон є двома розімкненими (або замкнутими) контактами, розташованими всередині вакуумного клапана, які змінюють свій стан у протилежних напрямках при додатку магнітного поля. Вигляд геркону зображено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Геркон

Геркони - це дуже поширені датчики, що використовуються в багатьох завданнях, таких як керування відкриттям/закриттям дверей, різні лічильники пройденого шляху, лічильники швидкості і т.д. Живлення подається від 5 або 3,3 В. Підключіть сигнал до цифрового контакту D2. Модуль геркона містить змінний резистор номіналом 10 кОм, а також компаратор LM393 для виключення помилкових спрацьовувань магнітного датчика. Геркон підключається за схемою зображеною на рисунку 2.7.

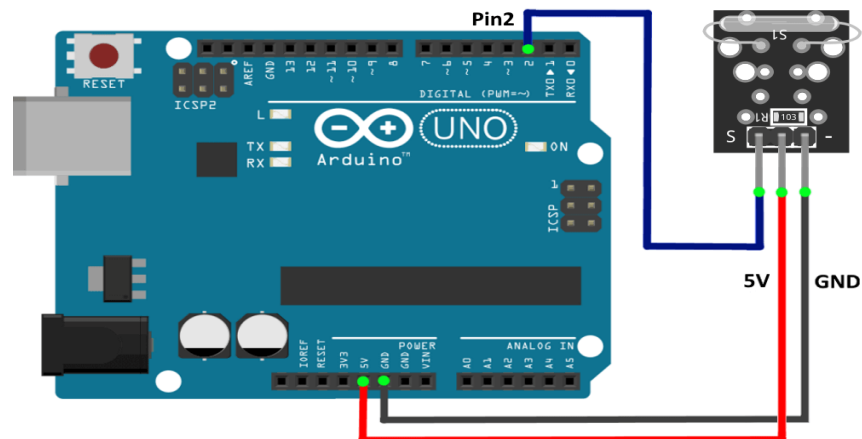


Рисунок 2.7 - Схема підключення геркону

Датчик DHT22 (рис. 2.8) складається з таких основних частин: ємнісний датчик вологості та термістор, чіп для перетворення аналогового сигналу на цифровий. Сам датчик можна побачити на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 - DHT22 датчик вологості та температури повітря

Абсолютна вологість повітря вимірюється за формулою:

$$A = E1 - [a * (T1 - T2) * B], \quad (2.1)$$

де A – абсолютна вологість повітря, г/м³;

$E1$ – максимальна вологість повітря при температурі мокрого термометра (визначити за таблицею максимальної пружності) додаток;

$T1$ – температура сухого термометра, °C;

$T2$ – температура волого термометра, °C;

a – психрометричний коефіцієнт, який залежить від швидкості руху повітря:

0,0013 – якщо визначення проводиться у приміщенні при закритій вентиляції;

0,0011 – якщо визначення проводиться у приміщенні при діючій вентиляції;

0,0009 - якщо визначення проводиться надворі при відсутності сильного вітру;

B – барометричний тиск, мм.рт.ст.

Відносну вологість визначають за формулою:

$$R = \frac{A}{E} * 100, \quad (2.2)$$

де R – відносна вологість повітря;

A – абсолютна вологість повітря;

E – максимальна вологість повітря при температурі сухого термометра (за таблицею максимальної пружності).

Характеристики:

- низька вартість;
- харчування від 3 до 5В;
- максимально споживаний струм 2.5мА під час перетворення (при запиті даних);
- розрахований на вимірювання рівня вологості в діапазоні від 0 до 100%. У цьому точність вимірів перебуває у діапазоні 2% – 5%;
- вимірює температуру в діапазоні від мінус 40 до плюс 125 градусів точністю плюс-мінус 0.5 градусів за Цельсієм;
- частота вимірів до 0.5 Гц (один вимір за 2 секунди);
- розмір корпуса: 15.1 мм x 25 мм x 7.7 мм.

У сонячну погоду температура може піднятися вище за номінальне значення і датчик температури відправить відповідний сигнал на Arduino. Залежно від того, працює вбудована в процесор програма чи ні, він включає вентилятор для зниження температури та провітрювання теплиці. При зниженні температури нижче за номінальний рівень, наприклад, у холодну пору року, опалення автоматично включається разом із системою вентиляції за рахунок швидкої конвекції повітря і вимикається при досягненні необхідної температури.

Фото-резистори дають можливість визначати інтенсивність висвітлення. Вони маленькі, недорогі, вимагають мало енергії, легкі у використанні, практично не схильні до зносу. Саме через це вони часто використовуються в іграшках, гаджетах та пристосуваннях. Вигляд фоторезистору відображено на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – фото- резистор

Характеристики:

- розмір: круглий, 5 мм у діаметрі;
- дешевий;
- діапазон опору: від 200 кІм (темно) до 10 кІм (світло);
- діапазон чутливості: чутливі елементи фіксують довжини хвиль у діапазоні від 400 нм (фіолетовий) до 600 нм (помаранчевий);
- живлення: будь-який із напругою до 100 В, використовують силу струму в середньому близько 1 мА (залежить від напруги живлення).

Фото- резистор захоплює світло в різних діапазонах, в залежності від потужності світла, та кута попадання його промінів на датчик пристрою.

Приклади показників фото-резистора зображені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Приклад показників фото-резистора

Освітлення, лм	Приклад
0.002	Чисте нічне небо
50	Житлове приміщення
100	Похмурий день
300-500	Схід\Захід сонця
1000	Друга половина дня
10000-25000	Полудень
32000– 130000	Прямі сонячні промені

Для виявлення протікання використано датчик води (рис. 2.10).

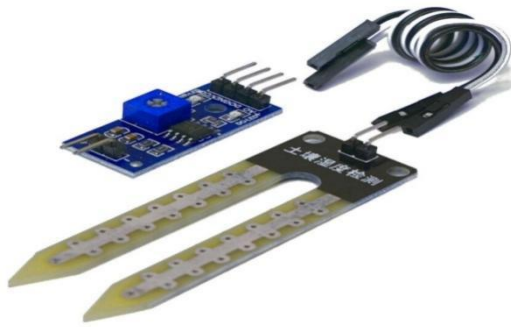


Рисунок 2.10 – Датчик рівня води

Датчики води призначені для вимірювання рівня води в різних судах, де візуальний контроль недоступний, щоб запобігти переповненню суден через критичні позначки.

Даний датчик води – занурювальний. Чим більше занурення датчика у воду, тим менше опір між двома сусідніми дротами. Датчик рівня води показано на рисунку 2.11.

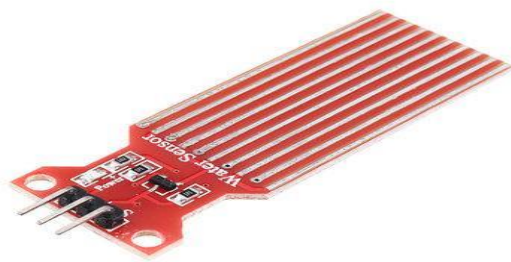


Рисунок 2.11 – Датчик рівня води

Більшість мікросхем, таких як DS1307, використовують зовнішній кварцовий генератор на 32 кГц, який має істотні недоліки. При зміні температури змінюється частота кристала, що призводить до помилок синхронізації. Ця проблема усунена за допомогою мікросхеми DS3231, яка має внутрішній кварцовий генератор та датчик температури, що компенсує зміни

температури, забезпечуючи точність часу. Чіп DS3231 також підтримує секунди, хвилини та години. Зовнішній вигляд годиннику відображено на рисунку 2.12



Рисунок 2.12 – Годинник реального часу

Він призначений для визначення вмісту та кількості шкідливих та небезпечних газів у повітрі, таких як NH₃, NO_x, пари спирту, бензину, диму та CO₂. Цей модуль збудовано на датчику MQ135. На платі модуля передбачено компаратор визначення граничних значень концентрації шкідливих речовин. Поріг спрацьовування встановлюється потенціометром. Поріг спрацьовування задається потенціометром. Датчик якості повітря можна побачити на рисунку 2.13.



Рисунок 2.13 – Датчик якості повітря MQ135

У датчику газу MQ-135 застосовується діоксид олова (SnO₂), який має низьку провідність на чистому повітрі. При появі в повітрі парів бензину,

вуглекислого газу, алкоголю або диму та збільшення їх концентрації, провідність датчика збільшується. А гріється він для прискорення реакції.

Плата розширення ArduinoEthernetShield дозволяє платі Arduino підключатись до Інтернету. Вона побудована на базі Ethernet мікросхеми WiznetW510. WiznetW5100 забезпечує мережевий (IP) стек, здатний працювати з TCP, і з UDP. Вона підтримує до чотирьох одночасних сокетних з'єднань. Приклад плати розширення показаний на рисунку 2.14

Для написання скетчів використовується бібліотека Ethernet, яка дозволяє підключатися до Інтернету за допомогою плати EthernetShield. Ethernet плата підключається до плати Arduino за допомогою довгих роз'ємів, які проходять крізь плату розширення для подальшого використання. Це дозволяє зберегти розпінання незмінною і використовувати інші плати розширення, включаючи їх зверху.

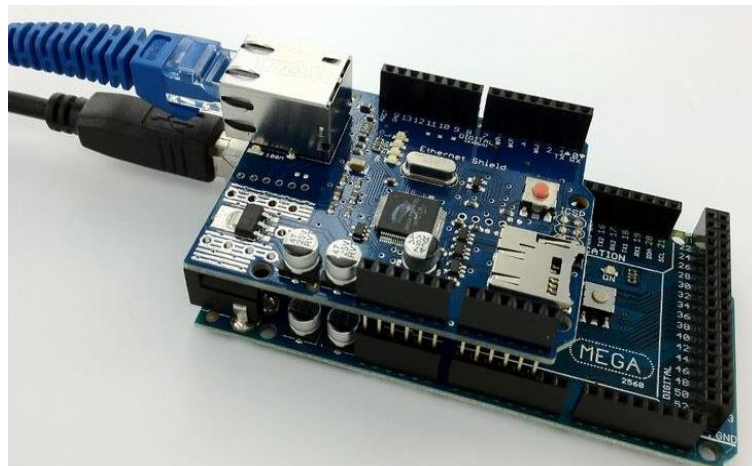


Рисунок 2.14 – Плата розширення ArduinoEthernetShield

На борту є слот для карти micro-SD, який можна використовувати для зберігання файлів для передачі в мережу. Він сумісний з усіма платами Arduino/Genuino. Вбудований пристрій для читання карт micro SD доступний через бібліотеку SD. Під час роботи з цією бібліотекою SS знаходиться на контакті 4. Оригінальна версія щита містила повнорозмірний слот для SD-карти; це не підтримується.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ТЕПЛИЦІ

3.1 Вибір та обґрунтування засобів реалізації

Arduino - це електронна платформа з відкритим вихідним кодом, заснована на простому у використанні апаратному та програмному забезпеченні. Для цього скористайтеся мовою програмування Arduino. Мова програмування Arduino (IDE) ґрунтується на обробці.

Протягом багатьох років Arduino був мозком тисяч проектів від повсякденних предметів до складних наукових інструментів. Навколо цієї відкритої платформи зібралось глобальне співтовариство розробників, включаючи студентів, аматорів, художників, програмістів та експертів, і ми віримо, що їхній внесок буде дуже корисним як новачкам, так і експертам. Наймовірною кількістю знань.

Arduino розпочав свою діяльність у Ivrea Interaction Design Institute як простий інструмент для швидкого прототипування, призначений для студентів, які не мають досвіду роботи з електронікою чи програмуванням. Після того, як плати Arduino стали популярними, вони почали змінюватися, щоб адаптуватися до нових потреб та вимог. Всі плати Arduino мають відкритий вихідний код і можуть бути розроблені користувачем і зрештою адаптовані до конкретних потреб. Програмне забезпечення має відкритий вихідний код і зростає завдяки вкладу користувачів з усього світу.

Завдяки простому і доступному інтерфейсу користувача Arduino використовується в тисячах різних проектів і додатків. Програмне забезпечення Arduino є простим у використанні для початківців, але досить гнучким для досвідчених користувачів. Працює на Mac, Windows та Linux.

Існує безліч мікроконтролерів та платформ для фізичних обчислень. Аналогічну функціональність пропонують багато продуктів, у тому числі ParallaxBasicStamp, Netmedia BX-24, Phidgets та Handyboard MIT. Так само

Arduino спрощує процес використання мікроконтролера, але має багато переваг перед іншими пристроями.

Низька вартість – плати Arduino відносно недорогі порівняно з іншими платформами. найдешевші версії модулів Arduino можна зібрати вручну і навіть готові модулі коштують менше 50 доларів.

Кросплатформенність – програмне забезпечення Arduino працює на Windows, Macintosh OSX та Linux. Більшість мікроконтролерів обмежені ОС Windows. Просте та інтуїтивно зрозуміле середовище програмування. Середовище Arduino підходить як для початківців, так і досвідчених користувачів. Програмування Arduino серед обробки є звичайним явищем.

Програмне забезпечення Arduino, що розширюється, з відкритим вихідним кодом поширюється як інструмент, який може бути розширений досвідченими користувачами. Мова обробки може бути доповнена бібліотекою C++. Користувачі, які бажають розібратися в технічних нюансах, мають можливість перейти на мову AVR C та додати код із середовища AVR-C до програм, розроблених серед програмування Arduino.

Обладнання з відкритим контуром, що масштабується, — мікроконтролери ATMEGA8 і ATMEGA168 є основою Arduino. Схеми модулів випускаються під ліцензією Creative Commons, що дозволяє досвідченим інженерам створювати власні версії модулів їх розширення і доповнення. Звичайні користувачі можуть розробити розширені приклади, щоб заощадити гроші та зрозуміти роботу.

3.2 Розробка алгоритмів функціонування системи

Дія системи здійснюється наступним чином: МК постійно зчитує показники датчиків та в залежності від цього віддає команди виконавчим механізмам. Схема пристрою показана на рисунку 3.1.

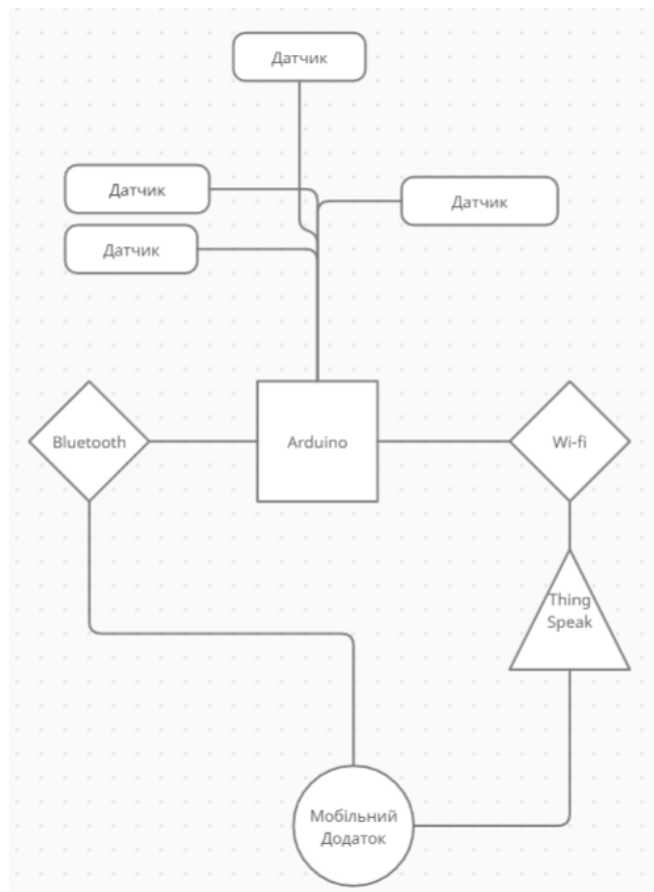


Рисунок 3.1 – Структурна схема пристрою

Також мікроконтролер постійно обробляє запити сервера обробляє їх та надсилає відповідь у вигляді GET-запиту.

На систему діє внутрішній клімат теплиці. Мікроконтролер зчитує показання датчиків і чекає команд від сервера, якщо він їх відправить, після чого обробляє отримані дані, за необхідності виконує необхідні інструкції та надсилає дані на сервер.

Для зберігання всієї необхідної інформації необхідно використовувати базу даних. Базою даних буде виступати сервіс ThingSpeak, який отримуватиме і оброблятиме усі отримані дані.

3.3 Програмна реалізація створених алгоритмів

Бібліотека SPI дозволяє контролеру Arduino взаємодіяти з пристроями, що підтримують протокол SPI. Arduino у цьому випадку виступає як провідний пристрій.

SerialPeripheralInterface (SPI) – це синхронний протокол послідовних даних, що використовується мікроконтролерами для зв'язку з одним або декількома периферійними пристроями швидко на коротких відстанях. Його можна також використовувати для повідомлення між 2 мікроконтролерами.

З'єднання SPI завжди має один майстерний прилад (зазвичай мікроконтролер), який контролює периферійні прилади. Зазвичай існує три лінії, загальні для всіх пристроїв:

- MISO (робочі лінії передачі даних);
- MOSI (майстер-лінію передачі даних на периферійні пристрої);
- SCK (годинник, який синхронізує передачі даних, генерованих майстром);
- SS (пін-код на кожному пристрої, який можна використовувати для включення та вимикання певних пристроїв).

Стандарт SPI вільний, і кожен пристрій реалізує його трохи по-різному. Це означає, що ви повинні звернути особливу увагу на технічний опис пристрою під час написання коду.

Servo.h - Ця бібліотека дозволяє управляти серводвигунами RC (Hobby) за допомогою плати Arduino. Сервоприводи включають шестерні та вали, якими можна точно керувати. Стандартні сервоприводи дозволяють встановлювати вал під різними кутами (зазвичай від 0 до 180 градусів). Безперервне обертання сервоприводу дозволяє обертатися валу з різною швидкістю.

Сервобібліотека підтримує до 12 двигунів на більшості плат Arduino та до 48 двигунів на ArduinoMega. На платах, відмінних від Mega, використання бібліотеки відключає функцію AnalogWrite() (PWM) для виходів 9 і 10. Ви можете використовувати до 12 сервоприводів, не заважаючи PWM, незалежно від того, чи є у Mega сервоприводи на цих виходах. функція. Серводвигуни

мають три дроти: живлення, земля та сигнал. Провід живлення зазвичай червоного кольору і має бути підключений до контакту 5V на платі Arduino. Провід заземлення зазвичай чорний або коричневий і повинен бути підключений до заземлюючого штифта на платі Arduino. Сигнальний штифт зазвичай жовтий, помаранчевий або білий і має бути підключений до цифровий штифт на платі Arduino. Зверніть увагу, що сервоприводи привертають значну потужність, тому, якщо вам потрібно керувати більш ніж одним або двома, вам, ймовірно, потрібно буде жити їх від окремої поставки (тобто не +5V pin на Вашому Arduino). Обов'язково з'єднайте основи Arduino та зовнішнього джерела живлення разом.

DHT.h - бібліотека дозволяє отримувати дані про температуру та вологість від датчиків DHT-11 або DHT-22 по одній лінії даних. Бібліотека самавизначає, який тип датчика використовується. Якщо до однієї плати Arduino підключено кілька датчиків, то для кожного з них потрібно створити свій об'єкт, із зазначенням номера виводу, до якого підключено датчик. Бібліотека дозволяє отримувати дані від датчиків на базі чіпа AM2320, але тільки якщо вони підключені по одному дроту, а не по шині I2C.

Ethernet.h - ці бібліотеки призначені для роботи з ArduinoEthernetShield або ArduinoEthernetShield 2 та LeonardoEthernet. Бібліотеки дозволяють платі Arduino підключатися до Інтернету. Плата може бути або сервером, що приймає вхідні з'єднання, або клієнтом, що виробляють вихідні. Бібліотеки підтримують до чотирьоходночасних підключень (вхідних чи вихідних чи комбінації).

Бібліотека Ethernet управляє уламком W5100, поки архів Ethernet2(Ethernet2.h) керує уламком W5500; всі функції відстають тими самими. Зміна бібліотеки, що використовується, дозволяє перенести той же код від ArduinoEthernetShield на ArduinoEthernet 2 Shield або ArduinoLeonardoEthernet і навпаки. Arduino пов'язує з екраном, використовуючи шину SPI. Це на цифрових висновках 11, 12 та 13 на ООН та висновках 50, 51 та 52 на Мега. На обох дошках, контакт 10 використовується

як СС. На Мега устаткуванні пін СС, 53, не використовується для вибору w5100, але він повинен бути як вихід або інтерфейс SPI не працює.

3.4 Створення та налаштування ThingSpeak, як інструменту інтелектуалізації

ThingSpeak – це відкрита IoT-платформа, що створена для взаємодії та обробки даних, які отримуються та збираються з різних віддалених пристроїв, таких як Arduino та сенсорів приєднаних до неї. Схема взаємодії зображена на рисунку 3.2.

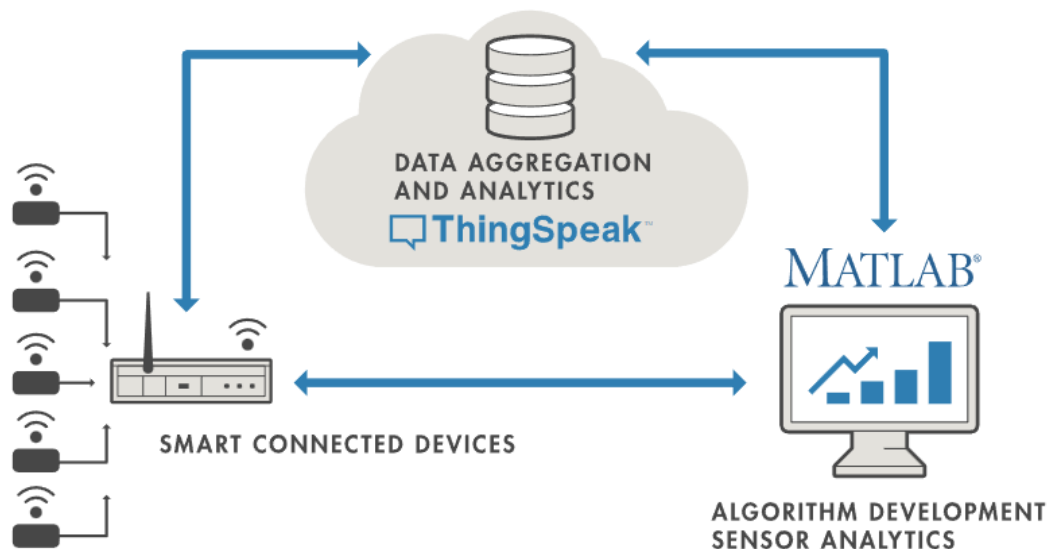


Рисунок 3.2 – Схема взаємодії ThingSpeak з віддаленими пристроями

Для того щоб організувати процес збору та обробки даних був створений акаунт на платформі ThingSpeak. Наступним етапом є створення каналу з виконавчими пристроями та датчиками, що зображено на рисунку 3.3. В налаштуваннях потрібно створити поля для відображення показників зчитаних з пристрою кожне поле показує динамічну зміну показників в реальному часі, завдяки чому можна при будь-якій непередбачуваній ситуації проаналізувати дані та визначити причину збою, перепаду, тощо.

Після заповнення всіх полів ми отримали готовий канал з полями для показників майбутньої системи.

Channel Settings

Percentage complete	50%
Channel ID	1925476
Name	<input type="text" value="SmartGreenHouse"/>
Description	<input type="text" value="Wifi connect to arduino"/>
Field 1	<input type="text" value="Temperature"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	<input type="text" value="Illuminocity"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	<input type="text" value="Humidity"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	<input type="text" value="Soil moisture"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Field 5	<input type="text" value="Pump"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Field 6	<input type="text" value="Windows"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Рисунок 3.3 – Створення акаунту з виконавчими пристроями

Кожне поле можна налаштувати під себе, назва, вид діаграми, діапазон захоплення показників і часові проміжки. Також при розширенні системи різноманітними датчиками є можливість розширити кількість полів в залежності від потреб.

Готові поля відображають інформацію у реальному часі, що дозволяє слідкувати за динамікою змін екосистеми теплиці (зображено на рисунку 3.4).

SmartGreenHouse

Channel ID.

Author

Access: Private

Wifi connect to arduino

Private View

Public View

Channel Settings

Sharing

API Keys

Data Import / Export

+ Add Visualizations

+ Add Widgets

Export recent data

MATLAB Analysis

MATLAB Visualization

Channel Stats

Created: 11 days ago

Entries: 0

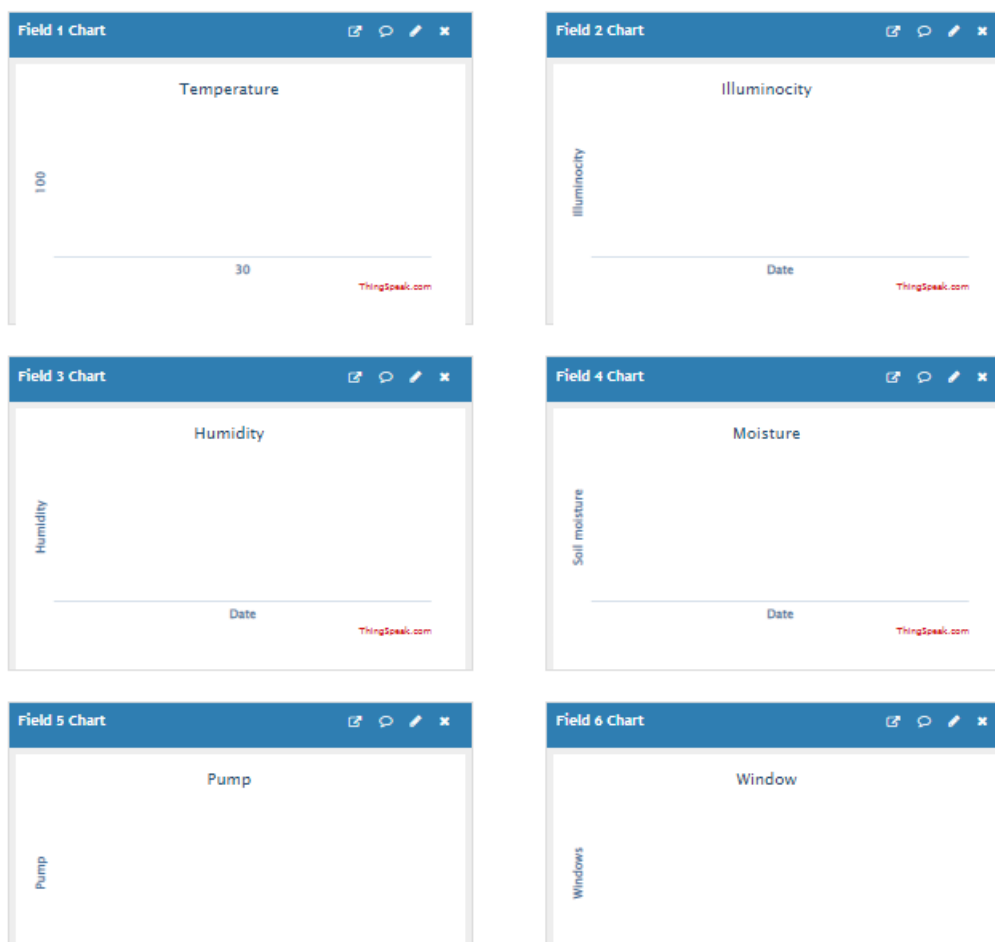


Рисунок 3.4 – Показники системи

Тепер цей канал можна використовувати як платформу для збору та обробки даних з Arduino через Wi-fi з'єднання за допомогою API-ключів, що закріплені за каналом.

3.5 Застосування мобільного додатку

Для створення мобільного додатку був використаний сервіс MITAppInventor.

MIT AppInventor — це інтуїтивно зрозуміле візуальне середовище програмування, яке дозволяє кожному, створювати повнофункціональні програми для телефонів Android, iPhone і планшетів Android/iOS. Більше того, інструмент на основі блоків полегшує створення складних, ефективних програм за значно менший час, ніж у традиційних середовищах програмування.

Першим етапом в розробці мобільного додатку є створення інформативного інтерфейсу, який буде відображати показники з сенсорів Arduino, зібраних та оброблених за допомогою ThingSpeak. Також інтерфейс повинен мати кнопки під'єднання до Wi-fi та Bluetooth, а в майбутньому можливість контролювати усю систему, та мати під контролем декілька “Розумних теплиць”. Інтерфейс додатку та середовище його створення зображено на рисунку 3.5.

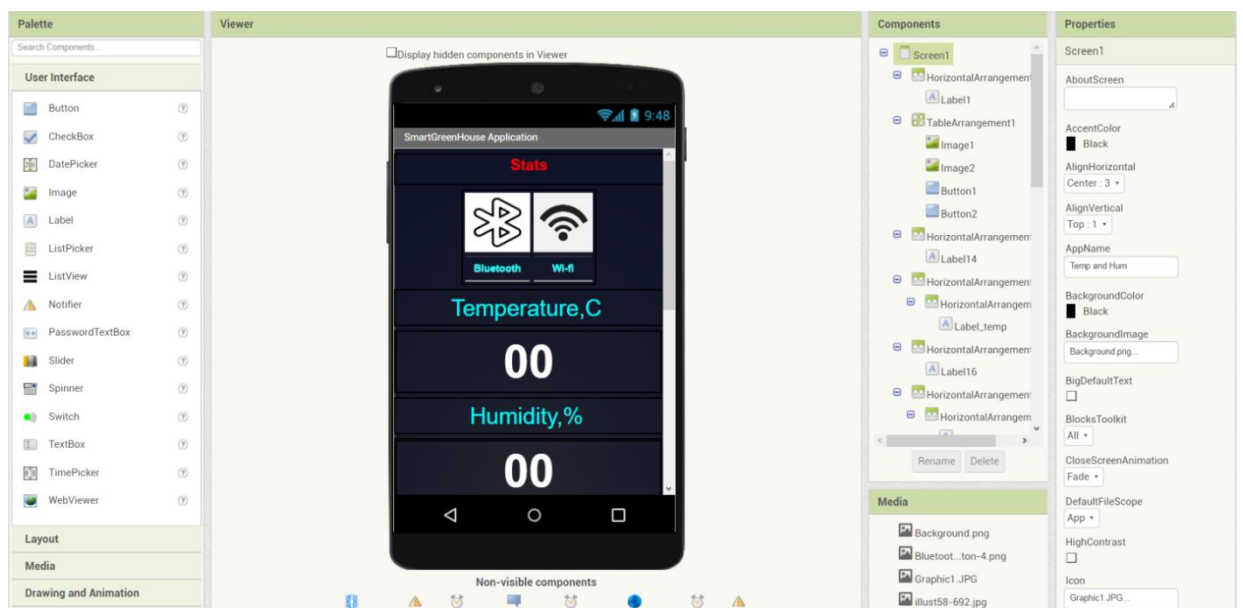


Рисунок 3.5 – Інтерфейс додатку у середовищі MITAppInventor

Наступним етапом в створенні додатку є побудова логіки роботи програми за допомогою інструмента на основі блоків.

Перший блок – це блок Bluetooth підключення та передачі даних у додаток, що зображено на рисунку 3.6.

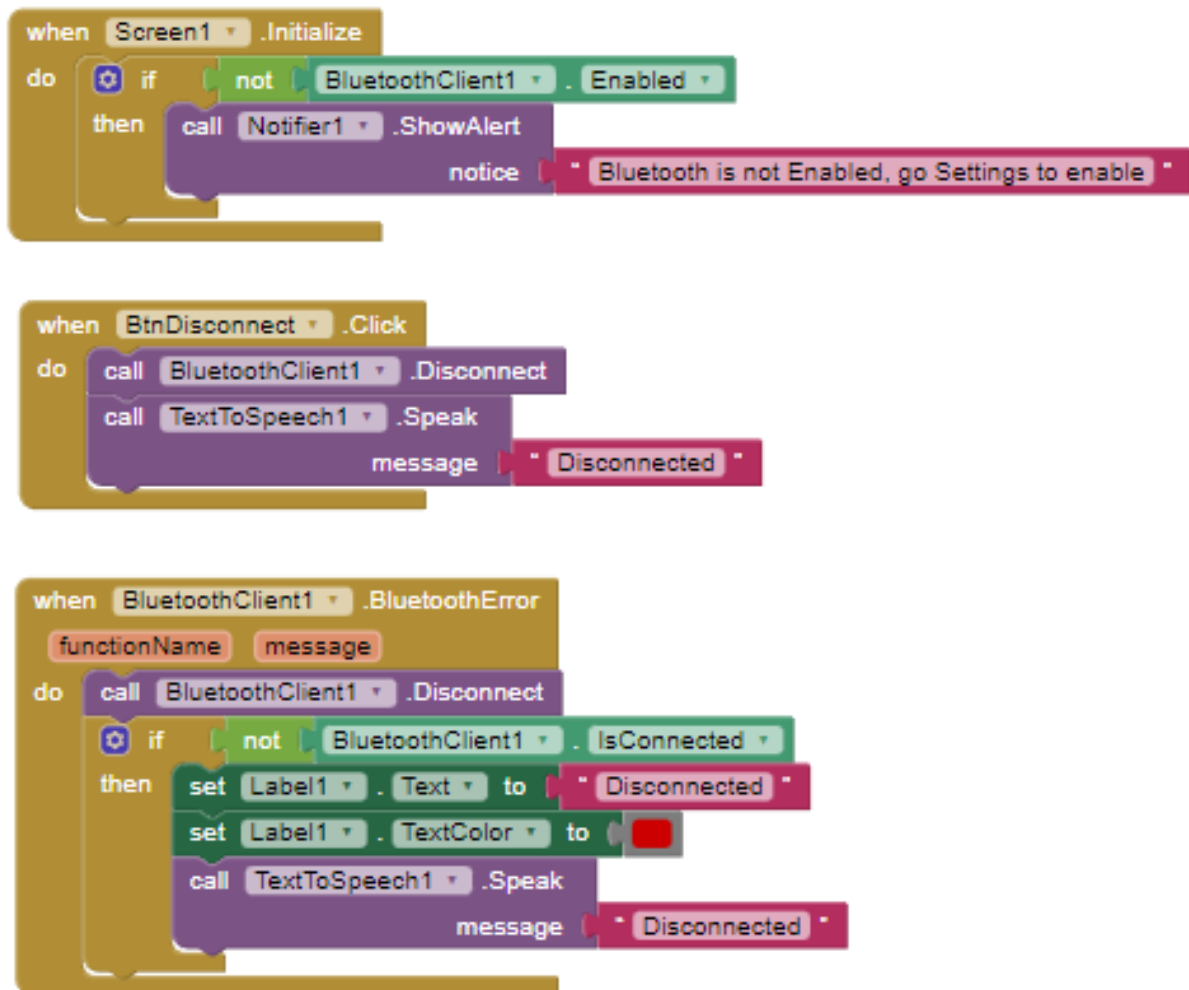


Рисунок 3.6 – Створення логіки кнопки для підключення по Bluetooth

Для збору даних з пристрою та їх передачі по Bluetooth створюється наступний блок, що зображений на рисунку 3.7, де ми бачимо зв'язок з кнопкою та з усіма сенсорами пристрою Arduino.

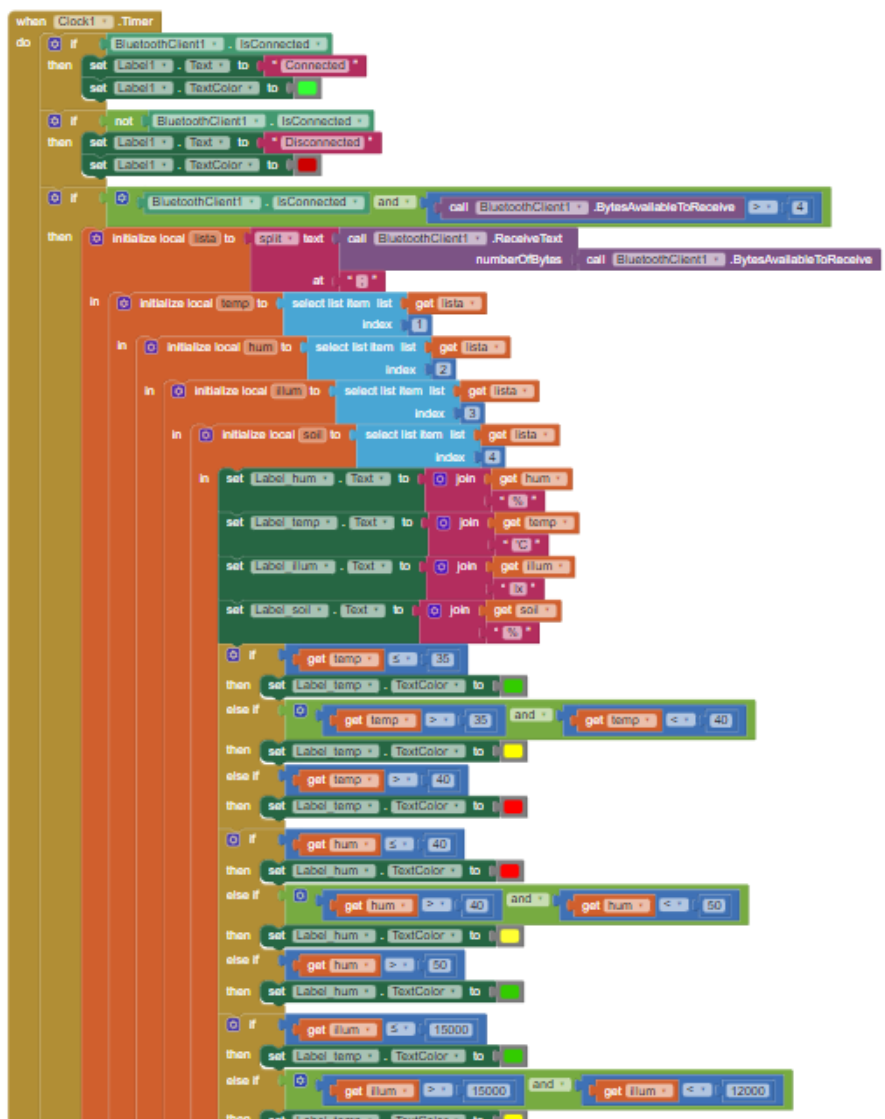


Рисунок 3.7 – Блок збору та передачі даних

Після створення блоків для підключення по Bluetooth треба створити можливість підключення через Wi-fi для обміну даними між пристроєм, додатком та сервісом ThingSpeak. Для цього створюється новий блок зображений на рисунку 3.8, на якому можна побачити підключення мобільного додатку до ThingSpeak та зчитування з нього інформації, отриманої з пристрою Arduino.

Підключення відбувається за допомогою URL-каналу та API-key, які сервіс ThingSpeak виділив при створенні каналу.

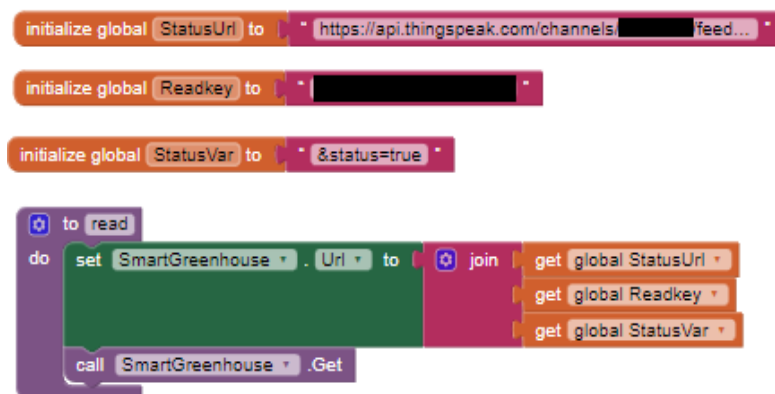


Рисунок 3.8 – Блок підключення до ThingSpeak

Наступний блок зображений на рисунку 3.9 відповідає за зчитування інформації, яка передається за допомогою JSON-файлів, у яких зберігаються значення зібрані Arduino з сенсорів температури та вологості.

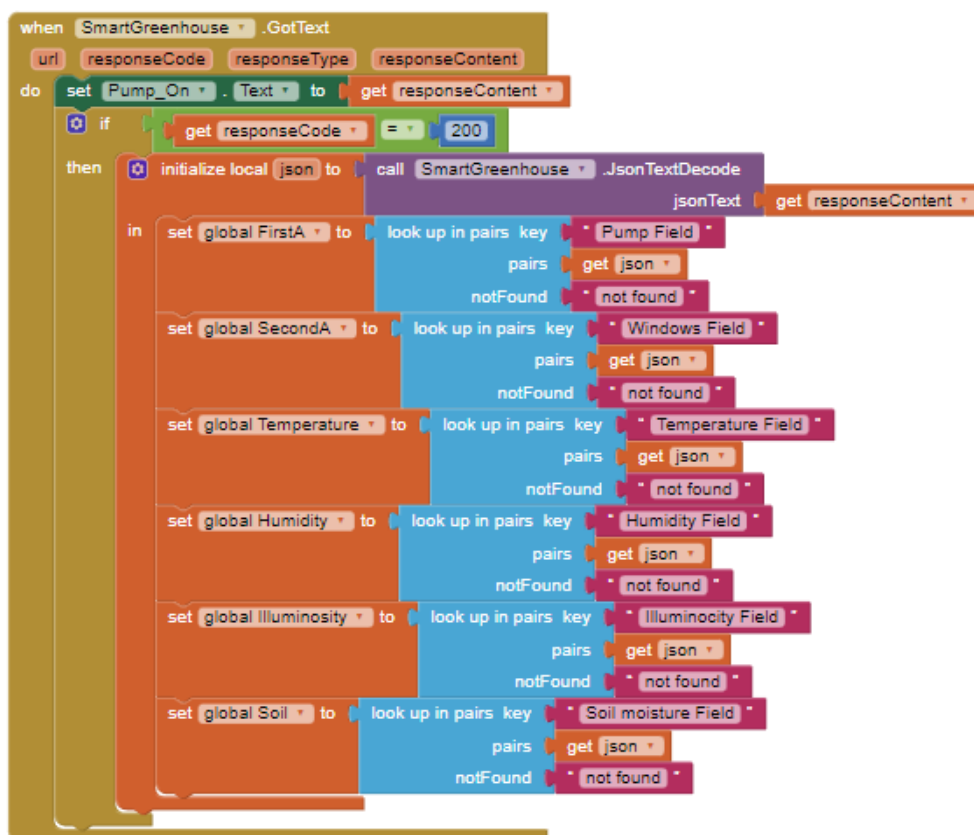


Рисунок 3.9 – Блок зчитування JSON-файлів

Останній блок – це блок тривоги, або попередження про порушення критичного рівня показників у теплиці. Ця частина коду, що зображена на рисунку 3.10, кожні дві секунди зчитує дані та порівнює їх з заданими допустимими значеннями показників.

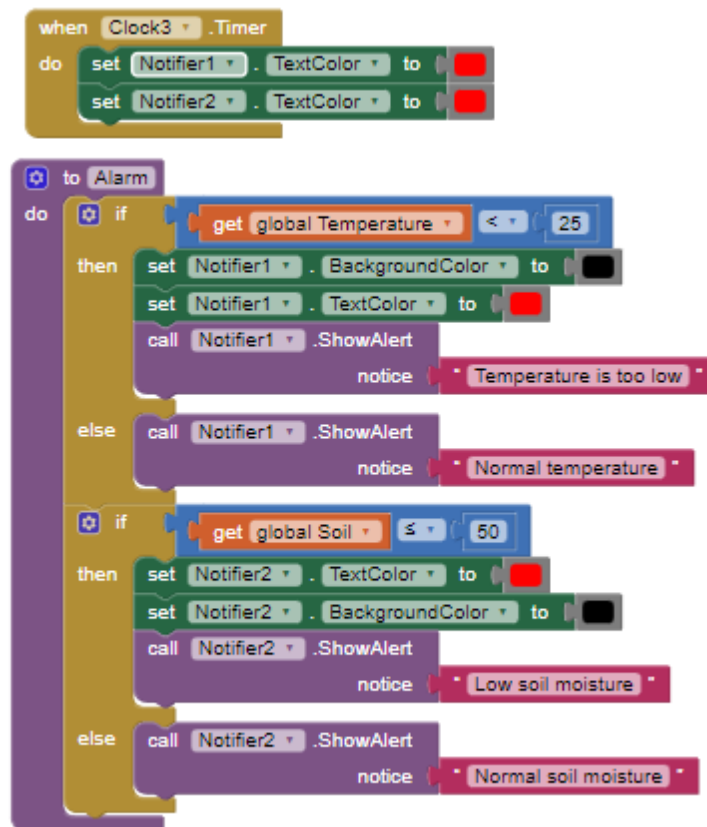


Рисунок 3.10 – Блок попередження

Вся система автономна, не потребує людського втручання, мобільний додаток створений тільки для моніторингу роботи. За допомогою додатку та сервісу ThingSpeak можливо забезпечити моніторинг різних тепличних систем та контролювати їх роботу. Для підключення потрібно тільки створити профіль пристрою у ThingSpeak, налаштувати під свої потреби і за допомогою Wi-fi або Bluetooth підключитися до доступних собі теплиць.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи було створено інтелектуальну систему обслуговування тепличного середовища, яка повністю забезпечує автономність та незалежність роботи.

У роботі було застосовано багатоагентний підхід при створенні системи обслуговування тепличного середовища, кожен датчик системи, що підключений до мікроконтроллера є окремим агентом, який виконує свою окрему функцію і не є перешкодою для роботи інших агентів. Таке рішення значно спрощує роботу системи і дозволяє уникнути багатьох помилок. За для вирішення задачі з інтелектуалізації було застосовано IoT-платформу ThingSpeak, завдяки якій проводиться постійний контроль та збір даних з кожного датчика системи, після чого вся отримана інформація автоматично оброблюється та подається у доступному вигляді у профілі сервісу. Також було створено мобільний додаток, за для більшої оптимізації процесу взаємодії користувача і системи. Структура системи виглядає так, що кожен агент системи є незалежною ланкою, яка взаємодіє з іншими, але не заважає їм.

Система розумної теплиці дозволяє залишати надто вимогливе до умов рослини без нагляду невизначений термін. Мікроконтроллер аналізує зміни у мікрокліматі всередині теплиці та реагує на них активуючи ті чи інші компоненти системи, що дозволяє утримувати умови вирощування тривалий період часу. Структура автоматизації регулювання процесів є системою з датчиків на основі платформи Arduino, багатоагентний підхід допоміг оптимізувати паралельні процеси незалежних компонентів, Інтернет речей – ключова ланка усієї інтелектуальної системи, яка виступає мостом між автоматизованою структурою, та мобільним додатком, який інформує користувача.

В кінцевому результаті було отримано інтелектуальну систему обслуговування тепличного середовища, яка задовольняє сучасні потреби і вирішує нагальні проблеми людства.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tripathy, Pradyumna K., et al. MyGreen: An IoT-enabled smart greenhouse for sustainable agriculture. *IEEE Consumer Electronics Magazine* 10.4. 2021. 57-62.
2. Rayhana, Rakiba, Gaozhi Xiao, and Zheng Liu. Internet of things empowered smart greenhouse farming. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification* 4.3. 2020. 195-211.
3. Gorjian S. et al. A review on opportunities for implementation of solar energy technologies in agricultural greenhouses. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Т. 285. Р. 124807.
4. Забудський А. І. та ін. Цифрове сільське господарство: Розумна теплиця. *Цифрове сільське господарство регіону: основні завдання, перспективні напрямки та системні ефекти*. 2019. С. 174-178.
5. Rayhana R., Xiao G., Liu Z. Internet of things empowered smart greenhouse farming. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*. 2020. Т. 4. №. 3. Р. 195-211.
6. Gokhale, Pradyumna, Omkar Bhat, and Sagar Bhat. Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology* 5.1. 2018. 41-44.
7. Tripathy P. K. et al. MyGreen: An IoT-enabled smart greenhouse for sustainable agriculture. *IEEE Consumer Electronics Magazine*. 2021. Т. 10. №. 4. Р. 57-62.
8. Ullah I. et al. An optimization scheme for IoT based smart greenhouse climate control with efficient energy consumption. *Computing*. 2022. Т. 104. №. 2. Р. 433-457.
9. Khan F. A., Ibrahim A. A., Zeki A. M. Environmental monitoring and disease detection of plants in smart greenhouse using internet of things. *Journal of Physics Communications*. 2020. Т. 4. №. 5. Р. 055008.

10. Aghaseyedabdollah M., Alaviyan Y., Yazdizadeh A. IoT Based Smart Greenhouse Design with an Intelligent Supervisory Fuzzy Optimized Controller. *2021 7th International Conference on Web Research (ICWR)*. IEEE, 2021. P. 311-317.
11. Visvesvaran C. et al. Smart Greenhouse Monitoring System using Wireless Sensor Networks. *2021 2nd International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*. IEEE, 2021. P. 96-101.
12. Kumar N. et al. Development of an IoT-Based Smart Greenhouse Using Arduino. *Advances in Communication, Devices and Networking*. Springer, Singapore, 2022. P. 455-465.
13. Mohan N. A. P. et al. Smart Greenhouse By Using Arduino Mega and IoT. *Solid State Technology*. 2020. T. 63. №. 6. P. 17155-17160.
14. Andrianto H. et al. Development of smart greenhouse system for hydroponic agriculture. *2020 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*. IEEE, 2020. P. 335-340.
15. H. Ibrahim et al., A layered IoT architecture for greenhouse monitoring and remote control. *SN Appl. Sci.* Vol. 1, No. 3, P. 1–12, 2019, Doi: 10.1007/s42452-019-0227-8.
16. D. M. Faris and M. B. Mahmood, Data acquisition of greenhouse using arduino. *J. Babylon Univ. Appl. Sci.* Vol. 22, No. 7, P. 1908–1916, 2014.
17. R. K. Kodali, V. Jain, and S. Karagwal, IoT based smart greenhouse. *IEEE Reg. 10 Humanit. Technol. Conf. 2016. (R10-HTC 2016) Proc.*, No. December, 2017, Doi: 10.1109/R10-HTC.2016.7906846.
18. R. H. E. Hassanien, M. Li and W. Dong Lin, Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses. *Renew. Sustain. Energy Rev.* Vol. 54, P. 989–1001, 2016, Doi: 10.1016/j.rser.2015.10.095
19. H. F. de A. Thais Queiroz Zorzeto, Paulo A Martins Leal, Victor de Souza Coutinho, Gradients of Temperature and Relative Humidity of Air in Greenhouse with Wireless Sensor Network, *2nd Int. Conf. Agric. Biotechnol.* Vol. 79, No. 8, P. 41–46, 2014, Doi: 10.7763/PCBEE

20. V. Modani, R. Patil, and P. Puri, IoT Based Greenhouse Monitoring System: Technical Review. *Int. Res. J. Eng. Technol.* Vol. 10, P. 2395–56, 2017.
21. M. Omid and A. Shafaei, Temperature and relative humidity changes inside greenhouse. *Int. Agrophysics.* Vol. 19, No. 2, P. 153–158, 2005.
22. A. A. R. Madushanki, M. N. Halgamuge, W. A. H. S. Wirasagoda, and A. Syed, Adoption of the Internet of Things (IoT) in agriculture and smart farming towards urban greening: A review. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* Vol. 10, No. 4, P. 11–28, 2019, Doi: 10.14569/ijacsa.2019.0100402.
23. N. Ismail et al., Smart irrigation system based on internet of things (IOT). *J. Phys. Conf. Ser.* Vol. 1339, No. 1, 2019, Doi: 10.1088/1742-6596/1339/1/012012.
24. N. Y. Dahlan, A. I. Halid, T. J. Hashim, and S. Z. Sakimin, Temperature based control of ventilation system for optimum climate in tomato greenhouse. *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* Vol. 12, No. 2, P. 655–661, 2018, Doi: 10.11591/ijeecs.v12.i2.pp655-661.
25. N. Li, Y. Xiao, L. Shen, Z. Xu, B. Li, and C. Yin, Smart Agriculture with an Automated IoT-Based Greenhouse System for Local Communities. *Adv. Internet Things.* Vol. 09, No. 02, P. 15–31, 2019, Doi: 10.4236/ait.2019.92002.
26. B. S. V and S. W. S, Solar photovoltaic water pumping system for irrigation: A review. *African J. Agric. Res.* Vol. 10, No. 22, P. 2267–2273, 2015, Doi: 10.5897/ajar2015.9879.
27. S. Sri R. I. of T. Anila, R. Nandhini, S. Poovizhi, P. Jose, and R. Ranjitha, Arduino Based Smart Irrigation System Using IOT. No. December, P. 5, 2017.
28. S. Agnal, K. Kapoor, M. Musfik, and R. Sharma, Automated Smart Greenhouse Environment Using IoT. P. 1665–1671, 2018.
29. Андрющенко Д.Д. Мультиагентні системи для обслуговування тепличного середовища. *Традиції та нові наукові стратегії у центральній та східній Європі: Матеріали V Міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 24 черв. 2022 р. Київ, 2022. С. 122–124.*
30. Axak N. Development of multi-agent system of neural network diagnostics and remote monitoring of patient. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2016. 4/9 (82). P.4-11.

31. Аксак Н.Г. Мультиагентна система нейромережевої діагностики та віддаленого моніторингу пацієнта *Інформаційні технології: проблеми та перспективи*: монографія за заг. ред. В. С. Пономаренка. Х.: Вид. Рожко С. Г., 2017. С. 325-340. - ISBN 978-966-97498-5-7.

32. Аксак Н.Г. Багатоагентні системи прискореної нейромережевої обробки великих даних. *Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту*: Збірник наукових праць- Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2017. С.237-239

33. Аксак Н.Г. Концепція побудови мультиагентних систем розподіленої нейромережевої обробки великих даних *Вісник ХНТУ №3(66), ТОМ 1, 2018р.* - С. 205-212.