

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

**Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії**

(повна назва факультету)

**Кафедра програмної інженерії**

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Розробка автоматизованої системи аналізу та візуалізації даних

з використанням технологій IoT, Java, Javascript на замовлення агрохолдингу»

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи СПм-51  
спеціальності 121 - Інженерія програмного забезпечення

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра програмної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)      (прізвище та ініціали)  
 «    »                                      2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня \_\_\_\_\_ магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(шифр і назва спеціальності)

студенту \_\_\_\_\_ Ландяку Андрію Петровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка автоматизованої системи аналізу та візуалізації даних з використанням технологій IoT, Java, Javascript на замовлення агрохолдингу

Керівник роботи Михалик Дмитро Михайлович к.т.н, доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «4» грудня 2023 року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи завдання на аналіз та розробку рішення для потреб агрохолдингу з використанням технологій Інтернету речей.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Сформулювати, погодити та затвердити тему кваліфікаційної роботи;

проаналізувати завдання, зробити огляд існуючих рішень та IoT платформ, дослідити ринок;

сформулювати завдання, обґрунтувати цілі дослідження;

розробити рішення для аналізу та візуалізації даних на IoT платформі;

описати технології, етапи розробки;

дослідити та перевірити на практиці мікросхеми для розумних пристроїв

проаналізувати роботу щодо питань з дотримання положень про охорону праці та безпеку в надзвичайних ситуаціях; оформити пояснювальну записку;

зробити відповідні висновки за результатами виконаної роботи.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Ілюстративна частина кваліфікаційної роботи оформляється у вигляді слайдів, висвітлює

основні розділи та етапи роботи та містить:  
 тему роботи, мету, предмет та об'єкт дослідження,  
 сформульовані завдання, перелічено етапи виконання кваліфікаційної роботи, короткий  
 аналіз актуальності теми, варіант архітектури програмної системи,

#### 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                    | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------------------|---|----------------|------------------|
|                           |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці             |   |                |                  |
| Безпека в надз. ситуаціях |   |                |                  |
| Нормоконтроль             |   |                |                  |
|                           |   |                |                  |

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів роботи   | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1.    | Вибір та погодження теми з керівником.<br>Створення та затвердження технічного завдання | 30.06.2023-<br>05.07.2023      | виконано |
| 2.    | Аналіз технічного завдання, аналіз існуючих платформ                                    | 06.07.2023                     | виконано |
| 3.    | Проектування та розробка IoT платформи  | 10.09.2023                     | виконано |
| 4.    | Тестування програмного забезпечення   | 22.11.2023                     | виконано |
| 5.    | Апробація результатів роботи  | 12.12.2023                     | виконано |
| 6.    | Перевірка програмою анти-плагіат  | 07.12.2023                     | виконано |
| 7.    | Охорона праці   | 23.12.2023                     | виконано |
| 8.    | Безпека в надзвичайних ситуаціях  | 23.12.2023                     | виконано |
| 9.    | Формування/зшивання записки кваліфікаційної роботи                                      | 25.12.2023                     | виконано |
| 10.   | Нормоконтроль   | 25.12.2023                     | виконано |
| 12.   | Попередній захист   | 12.12.2023                     | виконано |
| 13.   | Захист кваліфікаційної роботи   | 27.12.2023                     |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Атестаційна робота магістра містить: с. 63, 5 табл, 18 джерел.

Java, IoT платформа, RPC, IaaS, MQTT, MD, DML, OSGi, OPC-UA.

Метою роботи є методи моніторингу та аналізу, можливість відстеження та візуалізації даних для розумного догляду за процесом сільськогосподарського напрямку на потреби агрохолдингів.

Методи розробки базуються на інструментах розробки веб-застосувань Java, Javascript на IoT платформі з використанням протоколу передачі даних MQTT та емуляції даних на IoT пристроях для аналізу даних зміни стану елеваторів та інших напрямів.

У результаті роботи розглянуто методи моніторингу, аналізу та візуалізації даних, отриманих від розумних IoT пристроїв з використанням існуючої платформи, яка представляє собою веб-застосунок на основі фреймворку Spring з використанням технологій IoT та протоколів передачі даних.

The master's certification work comprises 63 pages, 5 tables, and references to 18 sources. It focuses on Java, IoT platform, RPC, IaaS, MQTT, MD, DML, OSGi, and OPC-UA. The objective of the work is to develop methods for monitoring and analysis, enabling the tracking and visualization of data for intelligent monitoring of agricultural processes agrohholdings.

The development methods are based on Java web application development tools, JavaScript on the IoT platform, utilizing the MQTT data transmission protocol, and simulating data on IoT devices for analyzing the state changes of elevators and other aspects of agrohholdings' needs.

The work explores methods for monitoring, analyzing, and visualizing data obtained from smart IoT devices using an existing platform. This platform is a web application built on the Spring framework, incorporating IoT technologies, and various data transmission protocols.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| Перелік умовних позначень, скорочень і термінів.....  | 7  |
| ВСТУП.....  | 8  |
| 1 Аналіз та проектування програмної системи.....  | 12 |
| 1.1 Інтернет речей – сучасний світовий тренд .....  | 12 |
| 1.1.1 Сучасні технології Інтернет речей.....  | 13 |
| 1.1.2 Огляд сучасних IoT платформ.....  | 14 |
| 1.1.3 IoT платформа ThingsBoard.....  | 16 |
| 1.1.4 Сучасні IoT пристрої для зерносховищ.....   | 18 |
| 1.2 Аналіз предметної області .....   | 20 |
| 1.2.1 Дослідження умов зберігання продуктів сільського господарства на прикладі зерна ..... | 21 |
| 1.3 Аналіз математичних моделей процесу зберігання зерна.....                               | 25 |
| 1.3.1 Математична модель на основі швидкості вивільнення CO <sub>2</sub> .....              | 25 |
| 1.3.2 Математична модель для розрахунку втрати зерном сухої речовини .....                  | 27 |
| 1.3.3 Математична модель на основі показників температури та вологості .....                | 28 |
| 1.4 Висновки до розділу .....   | 31 |
| 2 Програмне забезпечення системи .....  | 32 |
| 2.1 Open-source платформи ThingsBoard та її інтеграція .....                                | 32 |
| 2.1.1 ThingsBoard IoT Gateway .....   | 32 |
| 2.1.2 MQTT – протокол.....  | 34 |
| 2.1.3 Використання можливостей RPC платформою ThingsBoard.....                              | 35 |
| 2.2 Архітектура системи.....  | 36 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.3   | Опис сутностей системи та їх функцій .....   | 37 |
| 2.3.1 | Rule Chain для забезпечення належного зберігання зерна .....   | 40 |
| 2.3.2 | Rule Node системи .....  | 41 |
| 2.3.3 | Зв'язки між Rule Nodes .....   | 42 |
| 2.3.4 | Реалізація Rule Chain системи .....  | 42 |
| 2.4   | Висновки до розділу .....  | 46 |
| 3     | ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .  | 48 |
| 3.1   | Охорона праці .....  | 48 |
| 3.2   | Безпека в надзвичайних ситуаціях .....   | 54 |
|       | Висновки .....   | 57 |
|       | Перелік ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....   | 58 |
|       | ДОДАТКИ .....  | 60 |
|       | Додаток А. Платформа інтернет речей та її компоненти .....   | 60 |
|       | Додаток Б. Ланцюг правил для забезпечення належного зберігання зерна<br>.....  | 61 |
|       | Додаток В. Панель візуалізації активу Granary та пристрою Aeration<br>system .....   | 62 |
|       | Додаток Г. Апробація роботи на науковій конференції «Інформаційні<br>моделі, системи та технології» Тернопільського національного<br>технічного університету імені Івана Пулюя. .... | 63 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

API (application programming interface) – інтерфейс прикладного програмування.

Dashboard – графічні інтерфейси користувача, які дозволяють створювати та налаштовувати інтерактивні візуалізації, слугуючи інструментом для моніторингу та відображення даних.

MD (mechanical damage) – механічне пошкодження зерна.

IaaS - Infrastructure as a service

IoT (Internet of Things) – технологія Інтернету речей.

DML (dry matter loss) – втрата сухої речовини.

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) – мережевий протокол. Використовується для обміну повідомленнями між пристроями.

OPC-UA (Open Platform Communications Unified Architecture) – специфікація, що визначає передачу даних в промислових мережах і взаємодію пристроїв в них.

Rule Chain – послідовність правил, призначених для обробки повідомлень.

Rule Node – компонент ланцюжка правил, що представляє вузол у послідовності обробки.

OSGi (Open Services Gateway Initiative) – специфікація динамічної модульної системи і сервісної платформи для Java-додатків, що розробляється консорціумом OSGi Alliance.

RPC (Remote Procedure Calls) – набір операцій, що дозволяють викликати процедури або команди на віддаленому пристрої та отримувати результати.

СППР – система підтримки прийняття рішень, призначена для допомоги в процесах прийняття рішень.

## ВСТУП

Кваліфікаційна робота являє собою науково-практичне дослідження, яке становить на меті оцінити базу та рівень знань, а також здатність практичного використання. Важливим буде не тільки розробити щось науково корисне, а й в першу чергу практичне для потреб бізнесу, що допоможе краще продемонструвати як знання спеціальної професійної літератури, так і здатність самостійно аналізувати, проектувати та вирішувати запити ринку.

Основна мета роботи полягає розробці рішення, яке буде базуватися на знаннях, отриманих у різний спосіб їх накопичення протягом навчання в університеті, базуючись на профільних дисциплінах та задачах, використання повного спектру науково-технічних навичок.

Ось у чому полягає основна проблема та виклик у підході до дипломного проєкту – у актуальності, адже робота може цінуватися тільки у тому випадку, якщо вона несе справді наукову та технічну цінність, а означає є корисною як зараз, так і в майбутньому.

Технологія мільйонів розумних фізичних пристроїв, які становлять єдину спільну мережу по всьому світі, накопичують та пересилають дані з метою їхньої подальшої обробки, аналізу чи будь-якого іншого корисного використання – це все є технологія Інтернету речей. Усе, що оточує нас і в ретроспективі не давало б ідей потенційного використання та впровадження у бізнесі зараз є можливим безпосередньо завдячуючи процесорам, їхній низькій вартості та бездротовим мережам, завдяки яким дана концепція може працювати і наділяти будь-який пристрій цифровим розумом, що робить це частиною IoT. Дані, отримані від цих пристроїв, можуть передаватися в режимі реального часу самостійно, що власне і визначає розум.

Проте Інтернет речей не тільки багатий у використанні B2B, а також і незамінний для B2C, адже дає змогу людям залучати його до власного життя та



побуду: розумні годинники, мікрохвильові печі, ворота гаража, телевізор та багато інших варіантів використання: автоматизація будинків, транспортів, промисловості, сільського господарства, навчання в школі та безліч інших можливостей – все це можливе завдяки IoT. Для бізнесу це незамінний спосіб аналізу продуктивності та ефективності власних витрат, стабільності та постійності роботи підприємств та логістичних операцій.

IoT не тільки автоматизує процеси, але й зменшує витрати, як на оплату праці, так і на заміну деталей, виведених з ладу, адже рівень тривоги під час небезпечного використання зростає і дозволяє попереджати їх поломку. Не можна не згадати і покращення якості послуг, адже клієнти отримують кращий сервіс за менші гроші.

IoT торкається будь-якої галузі, включаючи охорону здоров'я, фінанси, роздріб та виробництво. Розумні міста допомагають громадянам зменшити споживання енергії та споживання, а підключені датчики навіть використовуються у сільському господарстві, щоб допомогти контролювати врожайність та велику рогату худобу та прогнозувати тенденції росту.

Сьогодні жодну сферу як великого, так і середнього чи малого бізнесу не можна уявити без дотичності до використання технологій IoT: продуктові магазини, фабрики чи заводи, торгові центри, сфери надання послуг – все може залучати цифрові пристрої. Ефективність та конкурентоспроможність – ось головні засади.

Для реалізації екосистеми необхідно:

- цифрові речі – різні пристрої з процесорами, оснащеними датчиками для збору та відправки даних;
- мережу доступу і передачі інформації;
- платформи для зручної взаємодії та роботи з мережею, пристроями і додатками.

IoT-платформи – це вершина айсбергу у інструментах розробки IoT-додатків і сервісів, що поєднує «розумні речі» та Інтернет мережу. Ця

мультишарова технологія забезпечує пряме управління, контроль та автоматизацію підключених пристроїв у світі Інтернету речей. В основному, вона з'єднує ваш різнобічний апаратний засіб із хмаровим сервісом, використовуючи гнучкі параметри підключення, механізми безпеки корпоративного рівня та широкі можливості управління обробкою даних. Для розробників платформа Інтернету речей пропонує набір готових до використання функцій, які значно спрощують процес розробки програм для підключених пристроїв і враховують масштабованість та сумісність між пристроями.

З причин, які зазначені чи не зазначені вище, IoT платформа точно має і може приносити користь в залежності від ваших потреб, потрібно розуміти як і для чого її використовувати. Основна її задача – це зручна взаємодія з даними, конфігурацією системи на її налаштувань, здійснення зручної оцінки використання ресурсів та оцінки інших метрик. Можна оцінити систему як проміжну чи центральну, яка поєднує різні сторони екосистеми Інтернету речей в собі – від віддалених пристроїв до програм користувача для контролю і взаємодії між апаратним і прикладним рівнями. Також відома як багатозадачна хмарна платформа або платформа керування IoT, вона визначає основну бізнес-цінність розширення можливостей готових пристроїв до хмарних додатків і служб. Нарешті, під назвою Платформа впровадження додатків Інтернету речей, вона зміщує свою увагу на корисні інструменти для розробників у галузі Інтернету речей.

Тому одним із завдань даної роботи було проаналізувати можливості, які надаються розробникам, існуючими на сьогоднішній день IoT платформами.

Аграрна сфера є провідною галуззю господарства та економіки в Україні через свої багаті ґрунти та інші чинники: клімат чи демографічні причини. Великий сегмент є експорт зернових культур для подальшого забезпечення потреб, зокрема і африканських регіонів, саме тому актуальним постає питання зберігання даного зерна в елеватор і подальше транспортування. Завдяки

цифровим можливостям і датчикам можна максимально автоматизувати дані процеси, як зберігання, так і перевезення, а точніше відслідковування умов та стану перевезення.

Сільськогосподарські зони займають 70.3% всієї території. Основна маса – це зернові культури, як пшениця, ячмінь, жито та інші.

Близько 15% внутрішньо валового продукту становить аграрна сфера промисловості економіки України, що справді вражає і демонструє потрібність цієї сфери та її подальший розвиток. Проте близько 29% згідно з результатами останніх досліджень використовують у своїй діяльності технології Інтернету речей, тому ще є куди розвивати та дана ніша відкрита до нових впроваджень та революцій. Власне тому розробка системи, яка надасть можливість аналізу та візуалізації метричних даних розвине підвищення конкурентної спроможності продукції та її якості.

# 1 АНАЛІЗ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ

За мету дипломної роботи було обрано створення програмного забезпечення, яке включає математичний аналіз для системи контролю, моніторингу на замовлення агрохолдингу з використанням технологій Інтернет речей (IoT).

Задля досягнення даної задачі було поставлено завдання:

- ознайомлення з сучасним підходом до впровадження інструменту IoT технологій у сфері сільського господарства;
- дослідження математичних методів аналізу та обробки даних основних параметрів, які передбачені для агрохолдингу;
- пошук та аналіз можливостей, які існують на сьогоднішній день на ринку у сфері IoT платформ, які розробляють та пропонують розробники даного програмного забезпечення;
- розробка інструменту, який дозволить автоматизацію роботи підприємства у сфері сільського господарства з використанням розумних датчиків;
- автоматизація контролю та підтримки прийняття рішень за системою;
- використання інструментів візуального відображення для надання користувачу можливостей зручної взаємодії з можливостями системи.

## 1.1 Інтернет речей – сучасний світовий тренд

Роберт Канон якось сказав, що все, що може бути автоматизовано – буде автоматизовано. Власне це і є основна задача Інтернету речей – надання цифрового розуму предметам, які не володіють ним і є власне тільки предметами, тобто це дуже розширює їхній потенціал.

### 1.1.1 Сучасні технології Інтернет речей

Інтернет речей (IoT) – являє собою технологію, яка сприяє взаємодії мільярдів пристроїв, підключених до мережі, що збирають дані та пересилають чи отримують їх від інших пристроїв, таким чином здійснюють обмін даними. Фактично будь-який предмет можна наділити здатністю цифрового пристрою, за рахунок процесорів та Інтернету, що зробить його частиною мережі Інтернет речей. Таким чином, їх можна наділити "розумом" – цифровим інтелектом і налаштувати їх автономне спілкування [1].

Концепція цифрового інтелекту сягає своїм корінням до зародження Інтернету. У 1980-х і 1990-х роках відбувся сплеск прихильників цієї ідеї, які передбачали переваги зв'язку «пристрій-пристрій» і «пристрій-сервер». Однак на ранніх етапах зіткнулися з проблемами, зокрема високими цінами на процесори, базовими елементами цифрового інтелекту, та занепокоєнням щодо енергоефективності. З плином часу прогрес у технології процесорів і заходи з енергозбереження вирішували ці проблеми.

Важливим поворотним моментом в еволюції цифрового інтелекту став розвиток технології RFID (радіочастотна ідентифікація). Ця інновація відіграла ключову роль у формуванні Інтернету речей (IoT), представивши концепцію прикріплення тегів RFID до фізичних об'єктів, що дозволяє відстежувати та контролювати ці об'єкти. Це стало одним із найперших застосувань IoT.

Постійний прогрес у різних сферах, зокрема в конструюванні процесорів, сприяв постійному вдосконаленню компонентів, їхньої функціональності та зниженню вартості. Ці розробки сприяли реалізації амбітного бачення мільярда пристроїв, які безперервно спілкуються та взаємодіють один з одним.

Технологія RFID і подальші інновації заклали основу для світу, де цифровий розум або взаємопов'язаний інтелект пристроїв одного дня може коштувати лише 8 центів. Це бачення передбачає глобальну мережу інтелектуального

зв'язку, яка об'єднує світ у мережу взаємопов'язаних пристроїв. Постійний прогрес цифрового інтелекту відображає трансформаційний шлях від його ранніх ідей до майбутнього, де безперервна взаємодія пристроїв має потенціал змінити спосіб життя, роботи та спілкування в глобальному масштабі.

Спершу IoT цікавив великий бізнес чи виробництва, заводи та інші фабрики, проте зараз його можна побачити в багатьох домах, у яких присутні розумні холодильники, двері, світильники, кавомашинки та інші предмети. Інтернет речей займає важливе місце у глобальному інноваційному прогресі.

### 1.1.2 Огляд сучасних IoT платформ

IoT-платформи – це ключовий інструмент розробки IoT-додатків і сервісів, що поєднує фізичні об'єкти і Мережу.

Аналіз існуючих IoT платформ дозволяє виділити наступні типи:

- Платформи Machine-to-Machine або ж 2M: Основна спрямованість цих платформ – це з'єднання пристроїв через мережі телекомунікацій. Відправка та опрацювання сигналів від датчиків в цьому випадку не фігурують [3-5].
- Платформи IaaS (Інфраструктура як сервіс) надають можливість для розміщення та отримання обчислювальних ресурсів для різних додатків і сервісів. Історично вони були налаштовані на оптимізацію роботи з робочими станціями і мобільними додатками, і IBM Bluemix служить відмінним прикладом такої платформи.
- Платформи програмного забезпечення – виникають у компаній, які створюють та продають власні розумні цифрові пристрої, які часто можуть містити закритий код, проте все ж виконує своєрідну роботу подібну до класичних IoT платформ, тому можна віднести до даної

категорії. Приклад цього підходу є дочірня компанія Google – Nest, яка власне і надає ПЗ до розумних пристроїв.

Очевидно, що вищезазначені типи платформ мають як свої позитивні сторони, так і недоліки. Тому власне вибір платформ залежить від потреб і того, що потрібно клієнту та що потрібно задовольнити.

У додатку А показано основні компоненти, якими має володіти платформа Інтернет речей:

- Device management – управління пристроями: конфігурація та належна робота розумних пристроїв, які гарантують безвідмовну роботу;
- Connectivity & normalization: відповідає за взаємодію між пристроями з різними форматами та протоколами, зводячи їх до спільного інтерфейсу;
- Database – база даних: сховище даних, яка містить всю інформацію, отриману від пристроїв, а також інші налаштування платформи, специфікацію, тобто те, що потрібно тримати десь у записі;
- Аналітика (Analytics): Існування комплексу засобів аналізу даних є обов'язково вимогою до платформи[6];
- Visualization: зручне відображення отриманих метрик та інших параметрів – все, що потрібне для роботи і від платформи;
- Обробка та управління діями (Processing & action management): дані, отримані від "речей" у підсумку впливають на події в реальності. Платформа повинна вміти будувати процеси, "тригери подій" та інші дії на основі конкретних даних датчиків;
- Додаткові інструменти (Additional tools): набір інструментів, який дозволяє розробникам IoT створювати прототипи, тестувати і пробувати різні системи.
- External interfaces – зовнішні інтерфейси: це необхідна умова існування успішної платформи, адже ніхто не терпить роботи тільки в одній екосистемі, потрібно інтеграція з іншим світом.

### 1.1.3 IoT платформа ThingsBoard

На сьогоднішній день ринок як ніколи заповнений у різних нішах, екосистема Інтернет речей також є великою і постійно розвивається новими платформами, які пропонують різні рішення. Саме тому варто оцінити власні потреби для вибору найкращого рішення. Для абстрактної оцінки можна скористатися пунктами з основних компонентів, якими може володіти IoT платформа [5]. У нашому випадку, ми оберемо не найбільших гігантів ринку, як AWS IoT, Microsoft Azure IoT, а візьмемо компанії та платформи, які не належать до екосистеми гігантів інтернет технологій та продовжують активно розвиватися та прогресувати у тому, що пропонують клієнтам. Зокрема, важливою рисою є opensource (система з відкритим кодом) [13]. Задля порівняння легше буде подати у вигляді табличної структури для наочності можливостей.

Таблиця 1 – Порівняння різних IoT платформ та їхніх можливостей

| Компоненти платформ         | Приклади різних платформ |              |             |               |
|-----------------------------|--------------------------|--------------|-------------|---------------|
|                             | OpenRemote               | Ericsson IoT | Google Nest | ThingBoard.io |
| Підключення пристроїв       | +                        | +            | +           | +             |
| Менеджмент пристроїв        | ±                        | +            | +           | +             |
| База даних                  | +                        | +            | +           | +             |
| Процесинг                   | +                        | ±            | +           | +             |
| Візуалізація (відображення) | +                        | -            | -           | +             |
| Аналітика                   | +                        | +            | +           | +             |
| Додаткові інструменти       | -                        | +            | ±           | +             |
| Зовнішні сервіси (External) | +                        | +            | -           | +             |

Оцінка вказує на те, що всі платформи тісно порівнюються, без явної переваги між ними. Проте варто відзначити, що ThingBoard виділяється не лише як продукт з відкритим вихідним кодом, що розвивається, але й як українська компанія, що має коріння в Києві. Відкритість коду є суттєвою перевагою в сфері IT-бізнесу, оскільки дозволяє користувачам і колегам-програмістам активно



брати участь, пропонуючи ідеї розвитку та навіть стаючи учасниками коду платформи. Цей спільний підхід покращує функціональність платформи, сприяючи почуттю спільності та спільних інновацій.

Крім того, Eclipse Foundation визнає важливість ThingBoard на ринку. Станом на осінь 2023 року він займає п'яте місце за обсягом використання, маючи вражаючу частку у 8 відсотків. Це досягнення підкреслює постійний розвиток і прогрес компанії. Завдяки своєму корінню в Києві та дотримуючись принципів відкритого коду, ThingBoard не лише представляє потужного гравця на ринку, але й втілює дух глобальної співпраці та інновацій у постійному розвитку платформ IoT[15].

Платформа ThingsBoard має ряд переваг, оскільки успішно виконує всі вимоги, викладені в цьому завданні. Зокрема, він задовольняє потреби розвитку сільськогосподарського холдингу, надаючи основні функції, такі як можливість підключення пристроїв і зручні API для їх використання. Платформа також може похвалитися зручною візуалізацією через інформаційні панелі, що дозволяє користувачам легко розуміти та аналізувати дані. Крім того, ThingsBoard полегшує підключення різних типів пристроїв і мікроконтролерів, з гнучкістю додавання спеціальних компонентів, якщо потрібно.

Однією з його сильних сторін є надання зручної для користувача документації, що забезпечує легкість розуміння горизонтальної масштабованості та відмовоустійкості в режимі роботи кластера. Ця документація є цінним ресурсом для користувачів, які прагнуть безперешкодно масштабувати свої операції та підтримувати стійкість системи. Крім того, ThingsBoard пропонує ефективну та швидку взаємодію зі службами підтримки, якщо у користувачів виникнуть запитання чи проблеми. Ця адаптивна система підтримки сприяє зручнішому користуванню, забезпечуючи оперативне вирішення запитів і проблем.

Підсумовуючи, платформа ThingsBoard виділяється своєю універсальністю, зручними функціями, масштабованою архітектурою та

надійною підтримкою, що робить її надійним вибором для задоволення складних потреб сільськогосподарських холдингів.

#### 1.1.4 Сучасні IoT пристрої для зерносховищ

Аналітики підраховали, що зростання IoT пристроїв, що було використано від 2015 до 2023 щороку збільшувалося від 4 до 7 відсотків, що в свою чергу сягає кількості 20 мільярдів станом на 2023 рік. Очікується, що до 2025 року кількість сягатиме близько 30 мільярдів, що становитиме 75% від усіх пристроїв, що в свою чергу неймовірно зростання, адже розумних пристроїв було тільки 25% у 2017 році. Також вражаючою цифрою є загальні витрати на IoT сферу за 2023 рік – це 1 трильйон доларів США. Неймовірну більшість цього займає бізнес та його потреби, як до прикладу агрохолдингові компанії.

У багатьох країнах світу та в приватних корпораціях сільськогосподарських холдингів цифрові інтелектуальні пристрої все частіше та активніше використовуються для збору різноманітних показників, телеметрії та аналітичних цілей. Ці інтелектуальні пристрої відіграють вирішальну роль у вимірюванні вологості, моніторингу температури нагрівання чи охолодження тощо. Окрім основних функцій посадки та збору сільськогосподарської продукції, сільськогосподарські холдинги стикаються з серйозною проблемою дотримання суворих норм зберігання, що вимагає постійного моніторингу та контролю.

Інтеграція інтелектуальних пристроїв, призначених для вимірювання температури, вологості та інших важливих показників, відіграє важливу роль у виконанні цих вимог до зберігання. Ці пристрої безперебійно підключаються до мереж, що забезпечує передачу даних у реальному часі. У разі несправностей або відхилень від попередньо встановлених параметрів ці розумні пристрої можуть

надсилати негайні сповіщення. Ця проактивна система сповіщень гарантує миттєве виявлення будь-яких проблем, а необхідну групу реагування можна швидко мобілізувати для ефективного вирішення.

Використання цих розумних пристроїв виходить за рамки простого збору даних; це сприяє створенню інтелектуальної та взаємопов'язаної екосистеми, де на основі даних можна приймати рішення. Незалежно від того, чи йдеться про оптимізацію умов зберігання, запобігання псуванню чи підвищення загальної ефективності роботи, інтеграція цифрових інтелектуальних пристроїв відіграє ключову роль у сучасній сільськогосподарській практиці. Крім того, швидке реагування, яке забезпечують ці інтелектуальні пристрої, не тільки мінімізує потенційні втрати, але й підкреслює важливість технології для сприяння гнучким та ефективним рішенням. Синергія між цифровим інтелектом і сільським господарством не тільки забезпечує дотримання норм зберігання, але й позиціонує сільськогосподарські холдинги в авангарді технологічних інновацій для стійких і ефективних практик.

З рисунку 1.1 видно, що система реагує на нагрівання датчика.

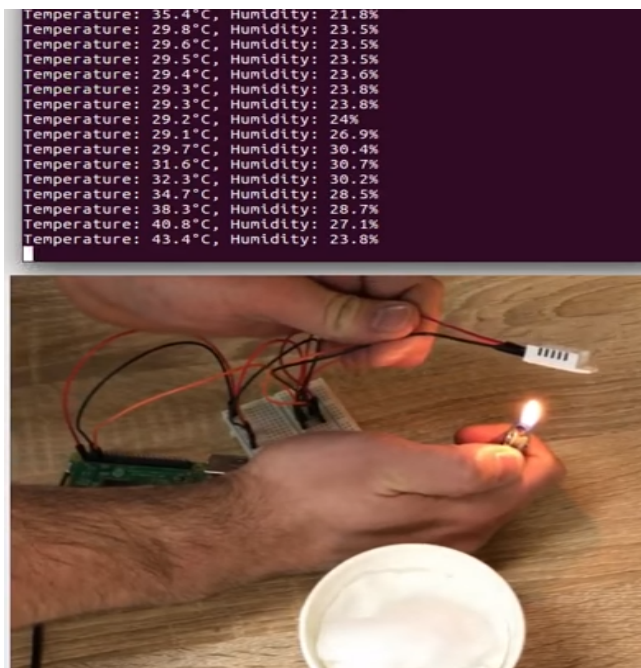


Рисунок 1.1 – Датчик температури та вологості при підключенні та нагріванні надсилає дані на платформу ThingsBoard

Одним з таких може бути мікросхема ESP8266 для WiFi модуля, який працює в бездротових сенсорах, тощо. У даному сценарії, модуль може бути приєднаний до IoT платформи та надсилати дані на неї. Для однозначного розуміння варто навести приклад. Беремо даний модуль та під'єднуємо його як пристрій до ThingsBoard.

## 1.2 Аналіз предметної області

У сфері сільськогосподарського бізнесу фокус виходить за межі просто процесів збирання та вирощування сільськогосподарських культур. Не менш важливим є догляд за зібраною продукцією та її зберігання, враховуючи, що приблизно 10-12% зерна втрачається навіть при зберіганні на спеціалізованих елеваторах із підтриманням оптимальних умов температури та вологості. Збитки часто можна пояснити недотриманням стандартів зберігання або механічними проблемами в складі зерна. Щоб вирішити ці проблеми та підвищити ефективність при мінімізації втрат, існує гостра потреба в автоматизованому моніторингу всіх аспектів діяльності зі зберігання сільськогосподарської продукції. Це включає в себе відстеження температури, вологості та інших відповідних параметрів у реальному часі. Впровадження технологій IoT (Інтернет речей) стає ключовим у цьому контексті, забезпечуючи надійну та взаємопов'язану систему, яка може революціонізувати традиційні практики зберігання.

Модернізація та оновлення елеваторів та інших складських приміщень для сільськогосподарських харчових продуктів для узгодження з технологіями IoT пропонує численні переваги. Автоматизований моніторинг дозволяє безперервно, точно збирати та аналізувати дані, дозволяючи своєчасно реагувати на будь-які відхилення від оптимальних умов зберігання. Це, у свою чергу,

зменшує ризик псування, зараження шкідниками та інших факторів, що сприяють збиткам. Крім того, системи на основі Інтернету речей забезпечують можливості віддаленого моніторингу, що дозволяє зацікавленим сторонам контролювати умови зберігання практично з будь-якого місця. Це не тільки підвищує ефективність роботи, але й дозволяє оперативно реагувати в разі виникнення аварійних ситуацій або відхилень від заданих параметрів.

По суті, інтеграція технологій Інтернету речей у сховища зерна та інші сільськогосподарські сховища є стратегічним кроком до модернізації. Це не тільки підвищує шанси підтримувати оптимальні умови зберігання, але й робить значний внесок у загальну ефективність і сталість сільськогосподарської праутики.

#### 1.2.1 Дослідження умов зберігання продуктів сільського господарства на прикладі зерна

Якщо виокремлювати основні характеристики та чинники, яких слід дотримуватися при зберігання продукції зернового напрямку, то на стан зберігання зернового врожаю впливає вологість у сховищі, температура та власне доступ та кількість кисню, саме тому не тільки не варто порушувати перші дві умови, але й не перебільшувати з обсягами кількості продукції в елеваторних установах. Проведено наукові дослідження та доведено до висновку, що на терміни та якості зберігання, ну й безсередньо на якість зерна впливають механічні та смітні домішки, комахи, гриби та інші мікроорганізми, кліщі й параметри повітря [7].

Сучасні технології зберігання зерна передбачають комплекс захисту зернової маси, де вектор роботи направлений на забезпеченні та дотриманні

належних умов зберігання, тобто умов у елеваторах, основними серед яких виступають вологість, час та температура у сховищах та зерна.

Технологічні стратегії та механізми враховують, що кожне зерно є живим організмом, яке в процесі дихання втрачає вагу через дисиміляцію органічних речовин і цукрів. Цей біологічний процес прямо залежить від температури та вологості маси зерна, що в свою чергу впливає на якість та стан зберігання зернової маси. Зі збільшенням температури спостерігається активізація дихання, особливо під час теплих періодів року. Це призводить до самозігрівання з подальшим збільшенням втрат ваги та, відповідно, вартості зерна, а також виділення вуглекислого газу та вологи.

З рисунку 1.2 видно наскільки впливає температура та вологість на умови ефективного зберігання продукції зернового напрямку спрямування, що показує в діапазоні температур від 12°C і нижче, у такому разі втрати ваги за місяць зберігання (за 17% вологості) становлять близько 0,1%. Можна помітити, що значні перевищення температури та вологості сильно впливає на зменшення вагового значення продукції. Таким чином, можна дійти висновку, що чим менша вага, тим менший дохід, а чим менший дохід, тим неефективніший бізнес та його можливості розвиватися та створювати нові робочі місця та посилювати економіку держави та її достаток.

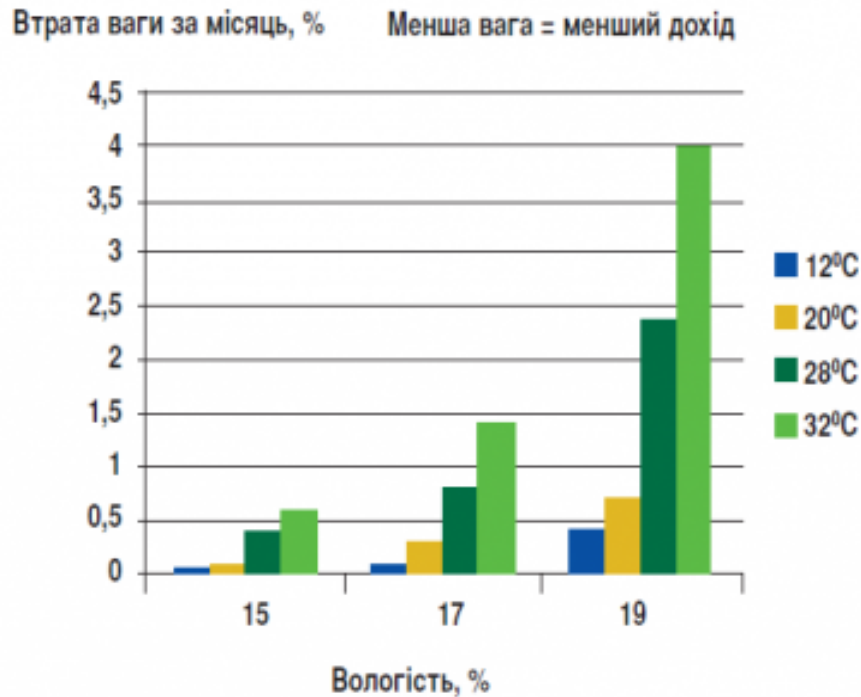


Рисунок 1.2 – Доля втрати ваги зерна в залежності від дотримання температури та вологості

На рисунку 1.3 представлено повний огляд безпечних умов зберігання зернової маси, враховуючи швидкість проростання зерна по відношенню як до температури (°C), так і до вологості (%). Використовуючи цю цифру, було проведено ретельний аналіз, щоб забезпечити безпечні умови, які перешкоджають розмноженню та активності комах-шкідників. Це, в свою чергу, сприяє зменшенню втрат зерна під час зберігання. Зокрема, безпечні умови зберігання, що запобігають появі та життєдіяльності комах-шкідників, досягаються при температурі зерна нижче 19°C.

Традиційна аерація зерна з використанням зовнішнього повітря має обмеження та суворі вимоги, яких необхідно суворо дотримуватися. Під час цього процесу встановлюється рівноважний стан між вологістю зерна та відносною вологістю введеного атмосферного повітря. Важливо підкреслити, що це повітря вводиться з силою, намагаючись досягти цього стану рівноваги. Отже, коли вологе повітря направляється в силос із сухим зерном, частина зернової

маси стає зволоженою. Це явище може призвести до різних шкідливих наслідків під час тривалого зберігання.

Для підвищення ефективності зберігання зерна та мінімізації негативних наслідків необхідний тонкий підхід до методів аерації. Це передбачає врахування тонкого балансу між температурою, вологістю та властивими характеристиками зерна, що зберігається. Таким чином забезпечується не тільки збереження якості зерна, але й ефективна боротьба зі шкідниками. Цей ретельний розгляд методів аерації сприяє загальному успіху процесу зберігання, сприяючи оптимальним умовам для тривалого зберігання зерна.

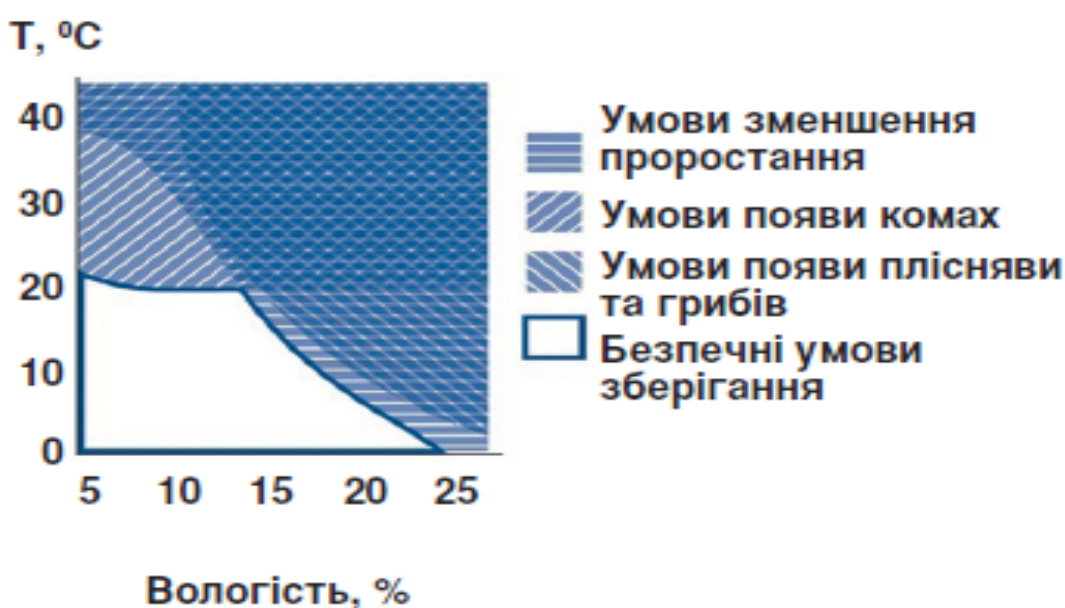


Рисунок 1.3 – Безпечні та небезпечні умови зберігання в залежності від показників температури та вологості

Враховуючи усі перелічені та інші невисвітлені аспекти, які впливають на якість зберігання зерна, можна стверджувати про недискретні переваги використання технології охолодження зернової маси в силосі до досягнення визначеного рівня температур. Використання новітніх охолоджувачів гарантує уважне та ефективне зберігання різноманітних зернових культур.

Під час управління процесом аерації для зернових культур слід періодично вимірювати відносину вологості оточуючого повітря. За допомогою графіків, які



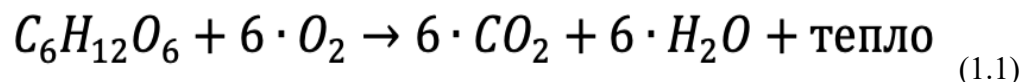
відтворюють залежність вологості зерна від рівноважного вмісту води в повітрі, необхідно контролювати стан збижжя та якість його зберігання. Це можна здійснювати, уникаючи введення теплого зовнішнього повітря з системи аерації в охолоджену масу зерна.

### 1.3 Аналіз математичних моделей процесу зберігання зерна

У роботах [9-11] наведені формули для математичного обґрунтування термінів прогнозування зберігання зерна, його можливості до проростання чи втрати сухої речовини під час зберігання, тощо. У залежності від потреб – потрібна математична формула для прогнозування потрібного результату, а точніше потрібних безпечних термінів зберігання.

#### 1.3.1 Математична модель на основі швидкості вивільнення CO<sub>2</sub>

Погіршення якості зерна пов'язане з диханням самого зерна та супутніх мікроорганізмів. Дихання зерна – це процес окислення (згоряння) вуглеводів виходу вуглекислого газу, водяної пари та енергії. Тому дихання споживає суху речовину. Повне згоряння (аеробне дихання) вуглеводу, наприклад, такого як крохмаль, представлено наступним рівнянням:



Відповідно до формули (1.1), при неанаеробному диханні 100 г сухої речовини споживає 107 г кисню, утворює 147 г вуглекислого газу, виділяє 60 г води і виділяє 1540 кДж теплової енергії. Екстраполюючи це, впливає важливе

розуміння: на кожен 1% вивільнення вуглеводів із сухої речовини зерна пов'язана втрата 14,7 грамів вуглекислого газу на кілограм зерна.

Це спостереження підкреслює тісний зв'язок між процесом дихання та зменшенням сухої речовини зерна, що, як наслідок, впливає на глобальні втрати якості. Моделювання виділення  $\text{CO}_2$  – вуглекислого газу – стає цінним інструментом для прогнозування швидкості погіршення якості, особливо коли аеробне дихання переважно визначає вплив на якість зерна.

Використовуючи цей підхід до моделювання, ми можемо оптимізувати оцінку втрати якості, зосереджуючись на впливовій ролі аеробного дихання. Це тонке розуміння дозволяє точніше прогнозувати та стратегії пом'якшити погіршення якості, надаючи цінну інформацію для сільськогосподарської практики та управління зберіганням зерна.

Було проведено численні експерименти на рівні вивільнення двоокису вуглецю з пшениці і розроблено таке рівняння для загального прогнозування швидкості випуску  $\text{CO}_2$  з зерна:

$$X = a + b \cdot T + c \cdot t + d \cdot t^2 + e \cdot M_w, \quad (1.2),$$

де  $X$  — це швидкість вивільнення вуглекислого газу в мг/кг за добу;

$M_w$  — вміст вологи у зерні у %;

$T$  — температура зерна в  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t$  – час в годинах;

$a, b, c, d$  та  $e$  — емпіричні константи,

або

$$X = \exp(a \cdot M_w + b \cdot T + c) \quad (1.3),$$

де  $X$  — це швидкість вивільнення вуглекислого газу, в мг/кг за добу;

$M_w$  вміст вологи у зерні у %;

$T$  — температура зерна в  $^{\circ}\text{C}$ .

Потрібно позначити проміжок допустимого та безпечного зберігання зерна, що визначить час, що критично не впливає на якість зерна під час перебігу небажаних процесів. Безперечно, основним критерієм є вивільнення діоксиду вуглецю або ж карбон 4 оксиду для визначення тривалості періоду, та зниження якості зерном проростати та зберігати суху речовину, задовільний зовнішній вигляд.

Можливість проростання пшениці за вологості 15–20% і температурі 23 градуси Цельсія на основі рівня діоксиду вуглецю, подано у рівнянні (1.4).

$$Y_i = 100 - 0.1X + 0.093M_w \quad (1.4)$$

де  $Y_i$  — здатність проростання зерна %;

$M_w$  — вміст води у зерні у %;

$X$  — це швидкість вивільнення вуглекислого газу за добу .

### 1.3.2 Математична модель для розрахунку втрати зерном сухої речовини

Іншим варіантом для прогнозування надійного терміну зберігання є розрахунок втрат сухої речовини (DML) в залежності від температури зерна, вмісту води зерна та часу зберігання:

$$DML = 1 - \exp\{-At^c \cdot \exp[D(1.8T - 28)] \cdot \exp[E(M_w - 0.14)]\} \quad (1.5)$$

де  $t$  — це час зберігання в  $h \cdot 10^{-3}$ ;

$T$  — температура в градусах Цельсія;

$M_w$  — вологість у відсотках.

### 1.3.3 Математична модель на основі показників температури та вологості

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів у рівнянні прогнозу допустимого часу зберігання [9]

|         | A        | B         | C         | Діапазон застосування         |
|---------|----------|-----------|-----------|-------------------------------|
| Пшениця | 12,28039 | -0,128973 | -0,473026 | 12.0 % $\leq M_w \leq$ 23.0 % |
| Овес    | 13,12305 | -0,174    | -0,452103 | 11.0 % $\leq M_w \leq$ 22.0 % |
| Жито    | 13,96125 | -0,148378 | -0,604968 | 11.5 % $\leq M_w \leq$ 24.0 % |

Примітка:  $t$  – час зберігання розраховується з ймовірністю, не меншою за 0,95.

Різні умови та фактори можуть суттєво впливати на якість зберігання, тому варто їх оцінювати при здійсненні аналізу проростання зерна в елеваторних умовах зберігання. Механічне пошкодження зерна може бути спричинене перевищеною нормою допустимого зерна, температурою і вологістю, як було зазначено вище, вони суттєво впливають на проростання при різних ступенях пошкодження зернової оболонки. Мета полягає у встановлення взаємозалежностей від кожного з чинників та якість зберігання.

$$Y = A + BT + C(MD) + DT^2 + ET(MD) + F(MD)^2, \quad (3.8)$$

де  $Y$  – здатність зерна проростання %;

$M_w$  – вологість зерна у %,  $0\% \leq MD \leq 30\%$ ;

$MD$  – механічні ушкодження у %,  $15\% \leq M_w \leq 24\%$ ;

A, C, D, E та F – емпіричні константи з таблиці 2.

Таблиця 3 - значення коефіцієнтів у рівнянні 1.5 розрахунку ймовірності проростання.

| Mw,<br>% | DML, % | A       | B      | C      | D                     | E                      | F                 | R <sup>2</sup> |
|----------|--------|---------|--------|--------|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------|
|          | 0,25   | 95,676  | -0,71  | -0,623 | 0,008                 | 0,003                  | 0,008             | 0,874369       |
| 15       | 0,5    | 87,117  | 0,252  | -0,572 | -0,027                | -0,014                 | 0,007             | 0,90452        |
|          | 1      | 67,932  | 0,178  | -1,315 | -0,023                | -0,002                 | 0,022             | 0,963953       |
|          | 0,25   | 100,072 | -0,627 | -0,144 | 0,014                 | -0,004                 | -0,001            | 0,849803       |
| 18       | 0,5    | 82,486  | 0,004  | -0,352 | $1,166 \cdot 10^{-4}$ | $-7,455 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-5}$ | 0,92672        |
|          | 1      | 46,691  | 0,168  | -0,955 | -0,018                | 0,008                  | 0,007             | 0,8205147      |
|          | 0,25   | 102,912 | -1,133 | -0,729 | 0,019                 | -0,024                 | 0,022             | 0,95634        |
| 21       | 0,5    | 78,891  | 0,084  | -1,362 | -0,002                | -0,019                 | 0,039             | 0,837519       |
|          | 1      | 60,816  | -0,15  | -0,127 | 0,008                 | -0,027                 | 0,006             | 0,963041       |
|          | 0,25   | 95,373  | -0,941 | -1,736 | 0,024                 | -0,005                 | 0,037             | 0,75977        |
| 24       | 0,5    | 69,078  | -0,288 | -3,259 | 0,212                 | 0,021                  | 0,034             | 0,971917       |
|          | 1      | 70,357  | -1,923 | -3,238 | 0,642                 | 0,016                  | 0,03              | 0,895284       |

Порівняльна характеристика розглянутих математичних моделей процесу зберігання зерна наведена в таблиці 4.

Таблиця 4 – Порівняння існуючих математичних моделей

| Модель процесу зберігання зерна | Переваги  | Недоліки   |
|---------------------------------|---|--|
| Вивільнення діоксиду вуглецю    | Дозволяє обрахувати практично всі показники, які визначають успіх зберігання зерна та його якість | Складні вимірювати швидкості вивільнення діоксиду вуглецю. |

Продовження таблиці 4

| Модель процесу зберігання зерна    | Переваги  | Недоліки  |
|------------------------------------|---|---|
| Втрата сухої речовини              | Перевагою цієї моделі є відносна простота розрахунку втрати зерном сухої речовини             | Неточне обчислення, адже температура і вологість не є константними величинами |
| Показники температури та вологості | Легко оприділити та виміряти час безпечної тривалості зберігання та терміни проростання зерна | Чимало показників, які потребують вимірювання не покриваються                 |

З урахуванням того, що на сучасному етапі для моніторингу умов зберігання зерна широко використовуються IoT-датчики для збору даних про температуру та вологість, можна ефективно оптимізувати вирішення цієї проблеми за допомогою передових моделей. Технологія Інтернету речей (IoT) забезпечує зручний та ефективний збір даних у реальному часі. Застосування цих технологій дозволяє точно вимірювати та зберігати інформацію про температуру, вологість та інші параметри, необхідні для подальшого аналізу впливу на проростання зерна при різних рівнях механічного ушкодження. Такий підхід сприяє автоматизації та оптимізації контролю за умовами зберігання зерна, спрощуючи вирішення завдання визначення впливу різних факторів на його проростання.

## 1.4 Висновки до розділу

На основі проведеного дослідження та аналізу існуючих на сьогоднішній день IoT платформ встановлено, що для розробки системи моніторингу якості зернової продукції найбільш оптимальним вибором є використання платформи ThingsBoard. Для цього було проаналізовано інших конкурентів на ринку. Ця відкрита система компанії ThingsBoard має широкий функціонал, який повністю відповідає високим вимогам до інструментів розробки Інтернет речей, що надає зручності та можливості для вдосконалення потреб агрохолдингів залежно від задачі.

Зазначено, що вибір ThingsBoard сприяє високому рівню автоматизації та ефективного моніторингу параметрів зернової продукції, що є критичним для оптимального управління агропромисловими процесами. Ця платформа дозволяє агрохолдингам не лише збільшити продуктивність, але й оптимізувати витрати та підвищити загальну якість управління виробництвом зерна.

Було проаналізовано математичні моделі процесу зберігання зернової продукції. Кожна з яких показала свої однозначні переваги та недоліки поряд з іншими. Таким чином, варто виділити їх основні проблеми.

Модель вивільнення діоксиду вуглецю продемонструвала складність вимірювання, адже вимагає лабораторні дослідження та спеціальні прилади. Не менш основним є те, що швидкість вивільнення вуглекислого газу при низькій вологості (наприклад, 15 відсотків) дуже складно виміряти, обрахунки неточні.

Модель DML продемонструвала неточності, адже для її ефективності температура та вологість мають вважатися константами, а це неможливо.

Найточніше себе продемонструвала модель на базі вимірювання вологості та температури, яка описана рівнянням (1.4) та подані табличні значення в (4). Вона є найкращою для визначення здатності зерна до проростання.

## 2 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

Розробка програмного забезпечення для проведення автоматизації у зборі та аналізу метричних даних з датчиків, оцінка їх основних показників, які впливають на зберігання продукції зернового спрямування, реагування на зміну температури, перевищення допустимих максимальних та мінімальних норм, прогнозування правильних безпечних умов та днів, вмикання охолодження за необхідності - ці задачі можна виділити як основною задачею роботи.

### 2.1 Open-source платформи ThingsBoard та її інтеграція

Як вже було зазначено вище, а саме у розділі 1.3 даної роботи, платформа ThingsBoard з відкритим кодом повністю відповідає основним вимогам, які були сформульовані в результаті дослідження та дозволяє задовільнити потреби для ефективного та якісного використання для бізнес потреб сільськогосподарського спрямування..

#### 2.1.1 ThingsBoard IoT Gateway

Інтеграція IoT пристроїв відбувається з використанням ThingsBoard IoT Gateway (шлюз надалі). ThingsBoard IoT шлюз - це рішення з відкритим вихідним кодом, яке дозволяє інтегрувати пристрої IoT зі сторонніми чи програмами з застарілою підтримкою за допомогою ThingsBoard. Архітектура та компоненти IoT шлюза від ThingsBoard (рис. 2.1)



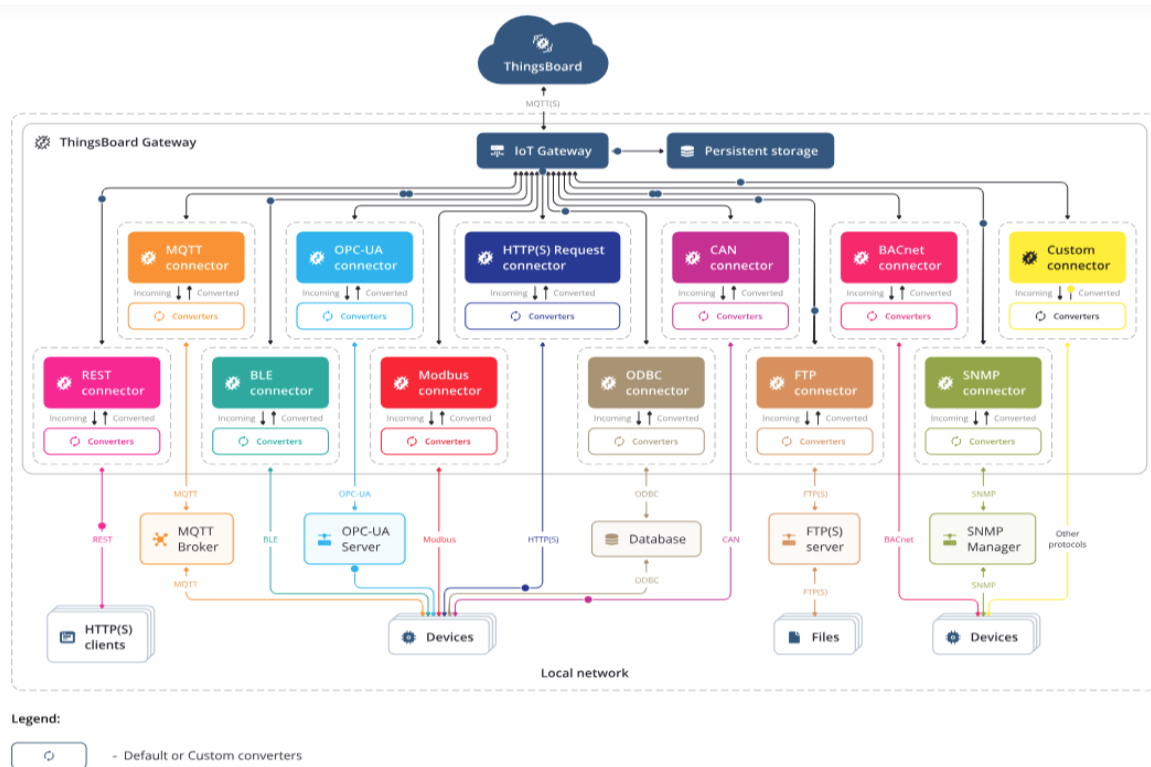


Рисунок 2.1 Інтеграція IoT пристроїв за допомогою платформи ThingsBoard [3]

ThingsBoard IoT Gateway надає можливості зв'язку та збору даних від IoT-пристроїв через різні протоколи:

Коннектори:

1. MQTT для управління, конфігурації та збору даних від пристроїв, що підключені до зовнішніх MQTT брокерів.
2. OPC-UA для збору даних від пристроїв, що підключені до OPC-UA серверів.
3. Modbus для збору даних від пристроїв через протокол Modbus.
4. BLE для збору даних від пристроїв, які використовують Bluetooth Low Energy.
5. Request для збору даних від пристроїв з HTTP(S) API.

Постійність даних:

Гарантує доставку даних навіть при відмовах мережі чи обладнання.

Архітектура:

Розроблений для роботи на Linux-мікрокомп'ютерах з підтримкою Python 3.7+. Компоненти включають коннектори, конвертери, сховище подій, клієнт ThingsBoard та сервіс шлюзу.

Конвертери: відповідають за перетворення даних між протокольним та ThingsBoard форматами.

Сховище подій: зберігає телеметрію та інші події, що генеруються коннекторами, до їх доставки в ThingsBoard, потім видаляється.

Клієнт ThingsBoard: взаємодія з ThingsBoard за допомогою протоколу MQTT, опитуючи сховище подій та доставляючи повідомлення при активному з'єднанні.

### 2.1.2 MQTT – протокол

Для обміну повідомленнями між IoT пристроями зерносховища використовується найпопулярніший протокол для IoT технологій – MQTT протокол. Це достатньо компактний, можна назвати легкий протокол для невеликого використання ресурсів. Це корисно для з'єднань віддалених з'єднань, де потрібен невеликий розмір коду, і невелика пропускна спроможність мережі. Наприклад, він використовувався в датчиках, які спілкувалися з MQTT брокером через супутникову лінію, у з'єднаннях з постачальниками послуг охорони здоров'я, а також для домашньої автоматизації тощо. Важливий аспект використання через взаємодію з MQTT брокером для координації меседжів між різними клієнтами.

### 2.1.3 Використання можливостей RPC платформою ThingsBoard

Платформа підтримує запити RPC від сторонніх пристроїв та до них, цифрових пристроїв та інше для взаємодії та обміном інформації. Це можна назвати чатом комунікації, адже пристрій може надіслати дані, система їх опрацьовує та відповідає. В залежності від відповіді система може реагувати певним чином, здійснювати додаткову логіку та повідомляти про зміни інші пристрої.

Саме комунікація по RPC може відбуватися по шлюзу - Gateway, а функції виклику поділяються в залежності від ініціатора: від серверу - серверні виклики чи від пристроїв - клієнтські виклики. Серверні виклики можуть бути ініційовані різними системами та способами: REST API, Rule Engine або ж Dashboard. Класифікують їх також та тим чи очікують вони отримати відповідь від пристрою чи ні, тобто one-way, two-way відповідно. У випадку для контролю системи аерації достатньо буде надсилати односторонній виклик, щоб повідомити пристрій у тому, що йому потрібно змінити свій стан, проте корисним може бути і отримувати позитивне чи негативне виконання, адже у такому випадку можна бути впевненим у тому, що пристрій отримав команду та виконав її чи відхилив з певних причин.

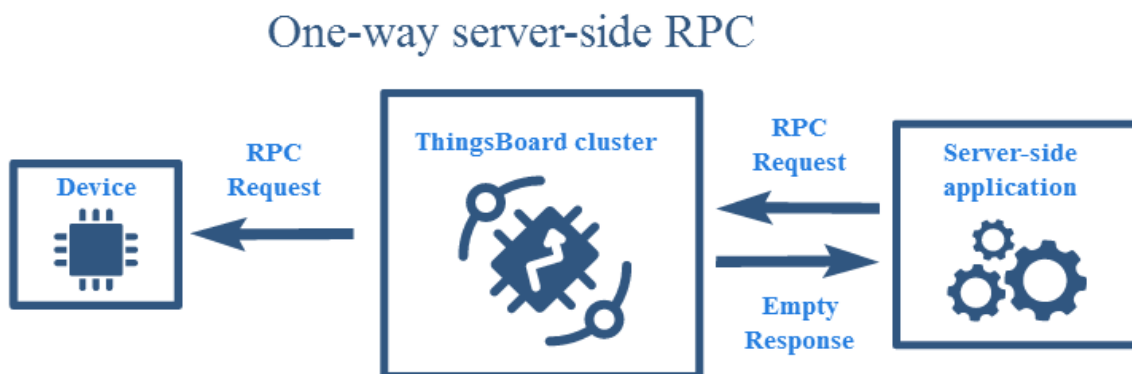


Рисунок 2.2 – Односторонній RPC запит [12]

## 2.2 Архітектура системи

Схема, представлена на рисунку 2.3 була запропонована для розробки система контролю за зерносховищами для підтримки параметрів, потрібних для зернової продукції.

З рисунку можна побачити, що комунікація з отримання основних параметрів з датчиків зберігання зерна в зерносховищі та показники погодних умов, надходить до шлюзу ThingsBoard. Він забезпечує прості інтеграційні API підтримки пристроїв, доставки даних на ThingsBoard Cluster по IoT протоколу MQTT. Безпосередньо платформа ThingsBoard надає аналітичні можливості обробки отриманої

Інформації та зручну візуалізацію. Потім ThingsBoard Cluster відправляє команди для взаємодії з елеватором, передаючи команди системи аерації для підтримки належного стану та умов зберігання. У випадку незадовільної телеметрії система може надіслати команди-попередження для усунення неполадок та швидкого реагування зі сторони. Для забезпечення надійності та безвідмовності використана мікросервісна архітектура з використанням трьох кластерних нод.

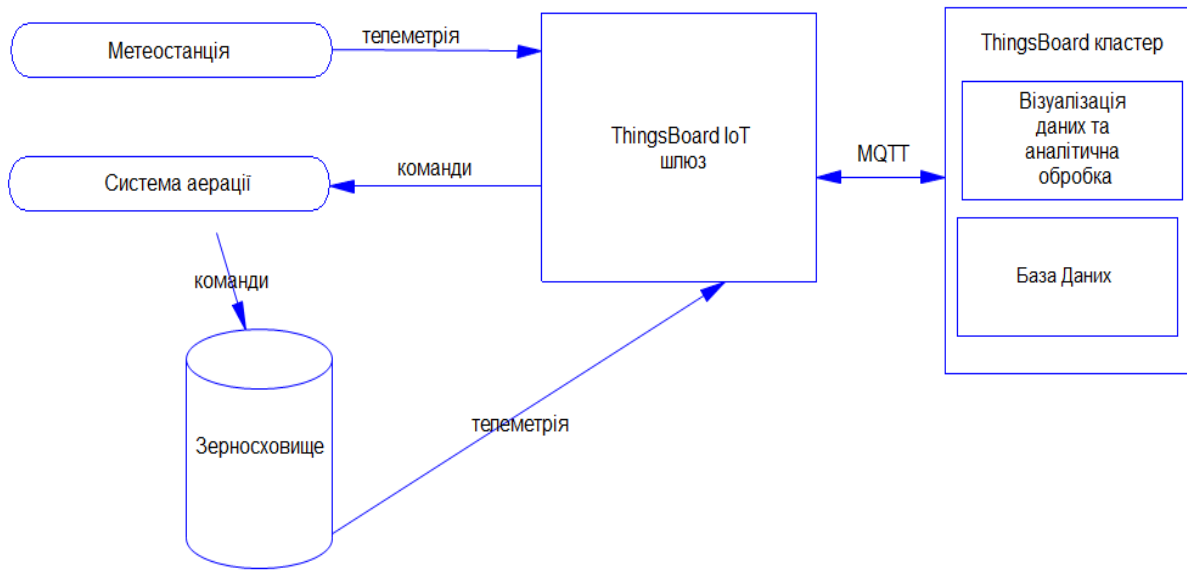


Рисунок 2.3 – діаграма архітектури у поєднанні з системою ThingsBoard

### 2.3 Опис сутностей системи та їх функцій

ThingsBoard надає користувальницький і REST API-інтерфейси для управління сутностями та їх взаємодії в додатку IoT. У системі взаємодіють наступні сутності:

- 1) Tenant (орендар) – особа або організація, яка володіє або виробляє пристрої та активи. Вона може володіти багатьма іншими адміністраторами-орендарями чи мільйонами клієнтів, пристроїв чи активами.
- 2) Assets (активи) - абстрактні об'єкти IoT, які поєднують в собі інші пристрої чи активи. Для прикладу це може бути фабрика, яка володіє багатьма пристроями на цій фабриці. У системі прикладами використання є: District (район розташування елеватора) та Granary (елеватор);

- 3) Devices (пристрої) - основні об'єкти IoT, які передають телеметричні дані та обробляють RPC команди. У системі використовуються такі емулятори пристроїв, Thermostat (датчик температури в зерносховищі), Hygrostat (датчик вологості в зерносховищі), WeatherStation (датчик погодних умов: температури та вологості), AerationSystem (емулятор системи аерації);
- 4) Alarms (сигнали) – події, які ідентифікують проблеми з вашими активами, пристроями чи іншими особами. Вони можуть бути налаштовані на реагування на недопустимі максимуми чи мінімуми, які спрацьовують на датчик температури, зміну вологості та інших корисних метрик. Їхня основна задача швидко попередити про потенційні проблеми.
- 5) Dashboard (інформаційна панель) – візуалізація даних IoT та можливість керування окремими пристроями через інтерфейс користувача. На даній панелі розміщуються активи District і активи, які їм належать - Granary та активи Granary. Розміщуються пристрої кожних з активів.
- 6) Entity Views - корисне для відображення тільки певної частини пристроїв чи активів до користувача.

Кожна сутність підтримує:

- a) attributes (атрибути) – пари ключових значень, пов'язані з сутностями. Перелік атрибутів активу Granary наведено на рисунку 2.4.




|                          |                     |            |                       |   |
|--------------------------|---------------------|------------|-----------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 2023-12-06 16:28:55 | address    | Ternopil, street 12-A |  |
| <input type="checkbox"/> | 2023-12-06 16:29:11 | latitude   | 50.53442              |  |
| <input type="checkbox"/> | 2023-12-06 16:29:26 | longtitude | 30.321321             |  |

Рисунок 2.4 - Перелік атрибутів Granary

Перелік атрибутів пристроїв наведено на рисунках 2.5 – 2.6.

| Key ↑               | Value         |
|---------------------|---------------|
| active              | true          |
| inactivityAlarmTime | 1527447343184 |
| lastActivityTime    | 1527503653242 |
| lastConnectTime     | 1527442211339 |
| lastDisconnectTime  | 1527442109471 |
| xPos                | 0.5           |
| yPos                | 0.4           |

Рисунок 2.5 - Перелік атрибутів device Thermostat

| Key ↑               | Value               |
|---------------------|---------------------|
| active              | true                |
| DML                 | 0.5                 |
| inactivityAlarmTime | 1527447343184       |
| lastActivityTime    | 1527503476087       |
| lastConnectTime     | 1527442213045       |
| lastDisconnectTime  | 1527442109469       |
| MD                  | 5                   |
| startDate           | 2018-05-12 18:05:48 |
| typeOfGrain         | Oat                 |
| xPos                | 0.5                 |

Рисунок 2.6 - Перелік атрибутів device Hygrostat

| Key ↑               | Value         |
|---------------------|---------------|
| active              | true          |
| inactivityAlarmTime | 1527447343184 |
| lastActivityTime    | 1527503708418 |
| lastConnectTime     | 1527442208828 |
| lastDisconnectTime  | 1527442109487 |
| xPos                | 0.5           |
| yPos                | 0.20          |

б) телеметрія – дані, які прийшли від пристроїв. Серед наведених прикладів вони визначають вологість, температуру, стан активності, стан системи охолодження, критичний день зберігання для забезпечення максимальної ефективності та інше.

в) relations (відношення) – зв'язки між елементами чи сутностями. Дана особливість дозволяє формулювати різні типи зв'язків між окремими сутностями для однозначної ідентифікації та вирішення їх при обробці рішень. Основними характеристиками є містить, використовує (contains, uses). Наприклад, актив може бути поєднаний з пристроєм, як той, що містить, тобто володіє ним.

### 2.3.1 Rule Chain для забезпечення належного зберігання зерна

Центр обробки повідомлень відомий як ланцюг правил – Rule Chain. Будь-яке повідомлення, яке надходить систему потрапляє у основний ланцюг (General) і система його обробляє згідно з визначеними правилами, таким чином відбувається комплексна обробка подій. Власне саме Rule Chain є своєрідним



двигуном та логістичним центром прийняття всіх рішень системою, яка створює телеметрію, отриману від пристроїв, передає команди назад до пристроїв, що пов'язані з активами (рисунок 4.7).

Процесинг повідомлень реалізується чергою. Таким чином, будь-яке повідомлення діє за схемою перший прийшов – перший вийшов (first in, first out), що гарантує логічність обробки.

### 2.3.2 Rule Node системи

У ланцюга правил логічно має розміщуватися вузол, який буде основним компонентом та визначатиме поведінку на певному етапі проходження повідомлення. Дана одиниця є найменшою неподільною частиною, хоча може і виконувати складні операції. Як приклад використання можна навести включення та вимкнення попереджувальних сповіщень, обробці телеметрії чи атрибутів, збереження їх у базу та безпосередньо на демонстраційній панелі – dashboard. Платформа містить різні типи, які визначені за характеристикою: жовті вузли, які здійснюють фільтрацію, зелені вузли для оновлення даних, сині вузли створення нових даних та телеметрії, червоні вузли відповідають за виконання дій на основі отриманих даних (додаток Б).

### 2.3.3 Зв'язки між Rule Nodes

Усі вузли пов'язані між собою відношеннями, основними серед яких є успіх чи невдача, або ж якщо це логічні операції, то правда чи брехня. Таким чином, кожний етап аналізу та процесингу повідомлення визначається станом: чи вузол успішно опрацював чи відпрацював з помилками, які варто проаналізувати. Існують і типи, які вказують на конкретне використання – отримання та зміну атрибутів чи телеметрії.

Відповідно, щойно ланцюг отримує повідомлення у випадку очікуваної ситуації воно має пройти від першого вузла до останнього з успішним виходом з ланцюга та виконанням всіх умов, які визначає той чи інший вузол. Для випадку помилки та її пошуку є можливість здійснення процесу перевірки результату та відстеження помилки в кожному вузлі.

### 2.3.4 Реалізація Rule Chain системи

Ланцюг правил для забезпечення належного зберігання зерна представлено у Додатку Б.

Після отримання повідомлення в ланцюг перший вузол, який виконає роботу буде Switch, які однозначно класифікує тип повідомлення: чи це отримання клієнтських атрибутів чи отримання даних з пристрою. У другому випадку ці дані потребують збереження в базу даних, а далі в залежності від типу характеристики – вологості чи температури, яке знову ж таки визначається за вузла вибору Switch. Вологість далі за допомогою вузлів `fetch server attributes`, `script Analytical processing` виконує аналіз та перевірку належного рівня вологості, використовуючи атрибути `startDate`, `typeOfGrain`, `DML` та `MD`.

Вузол Alarm filter humidity перевіряє дотримання належного рівня вологості та відповідає повідомленням «True» або «False». «True» - переходимо у вузол Create alarm, «False» - Clear alarm, що створить попередження або з очистить його, тобто все працює як треба.

Вузол Fetch weather station telemetry збагачує метадані вихідного повідомлення даними телеметрії з емулятора погодних умов. У разі, якщо збагачення пройшло успішно, повідомлення потрапляє до вузла DSS for aeration system.

Аналогічний аналіз відбувається для телеметрії, у разі її перевищення створюємо чи очищуємо сповіщення до системи та пристрою.

У разі, якщо створення нової телеметрії пройшло успішно, дані потрапляють до вузла New granary telemetry, у якому змінюється поле ініціатора повідомлення, а саме, з пристроїв Hygrostat та Thermostat на актив Granary для візуалізації на Dashboard.

Телеметрія з вузла New RPC message надходить до фільтруючого вузла Check request validity. Якщо method визначений (True), то вузол Check request validity, надсилає відповідне повідомлення до вузла Aeration system.

У вузлі Aeration system відбувається відправлення одностороннього RPC виклику на пристрій Thermostat для увімкнення та вимкнення системи охолодження.

Dashboard про актив Granary та пристрою Aeration system представлено у додатку В.

Dashboard для пристроїв Thermostat, Hygrostat, WeatherStation представлено на рисунках 2.7 – 2.10.



Рисунок 2.7 – Панель візуалізації пристрою Thermostat



Рисунок 2.8 – Панель візуалізації пристрою Hygrostat

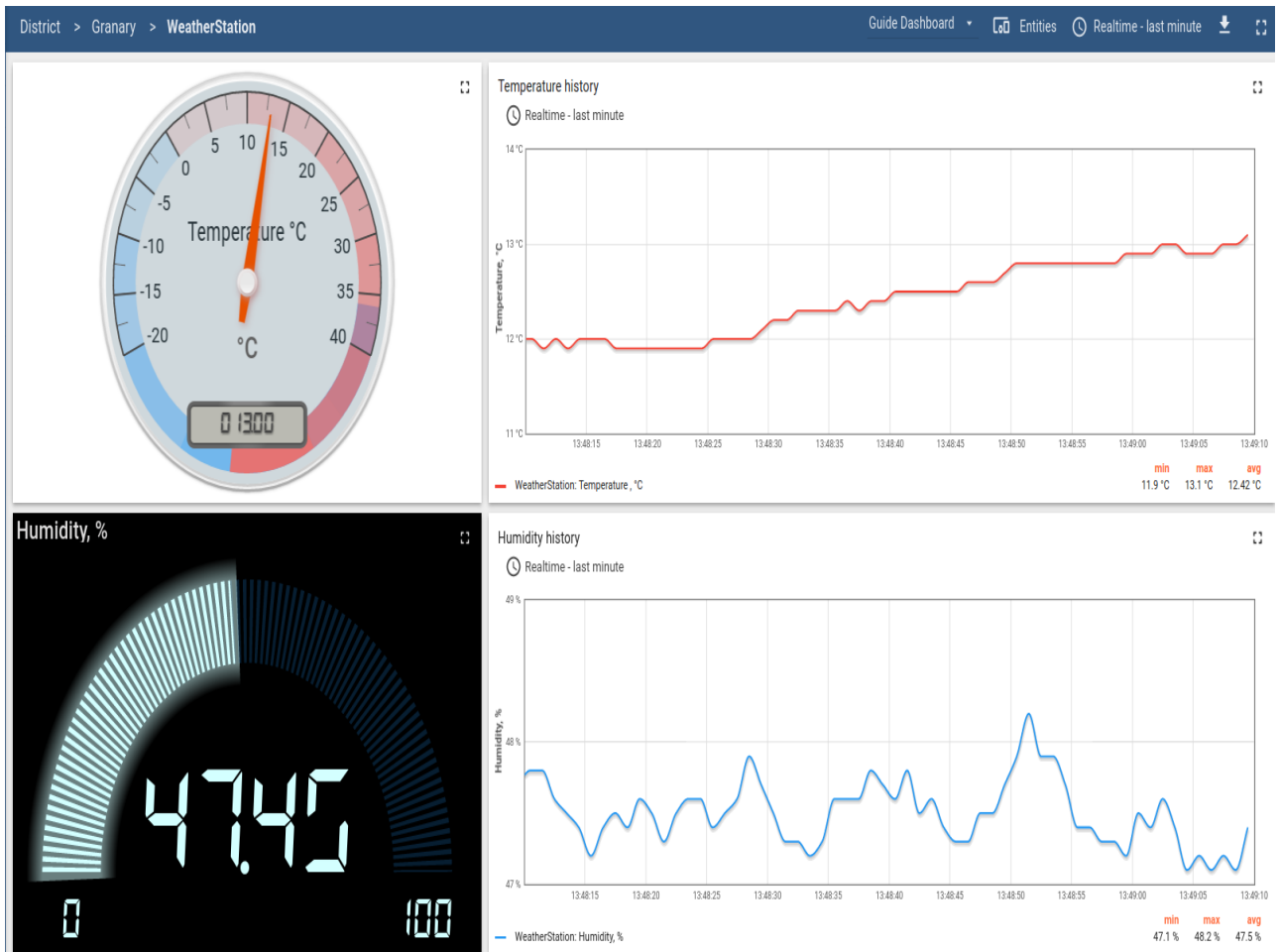


Рисунок 2.9 – Панель візуалізації пристрою WeatherStation

Згідно з даних, представлених на рисунках вище можна побачити взаємодію показників та характеристик за різні проміжки часу, а також проаналізувати їхню зміну. Таким чином, здійснюється візуалізації метрик, зібраних з розумних пристроїв.

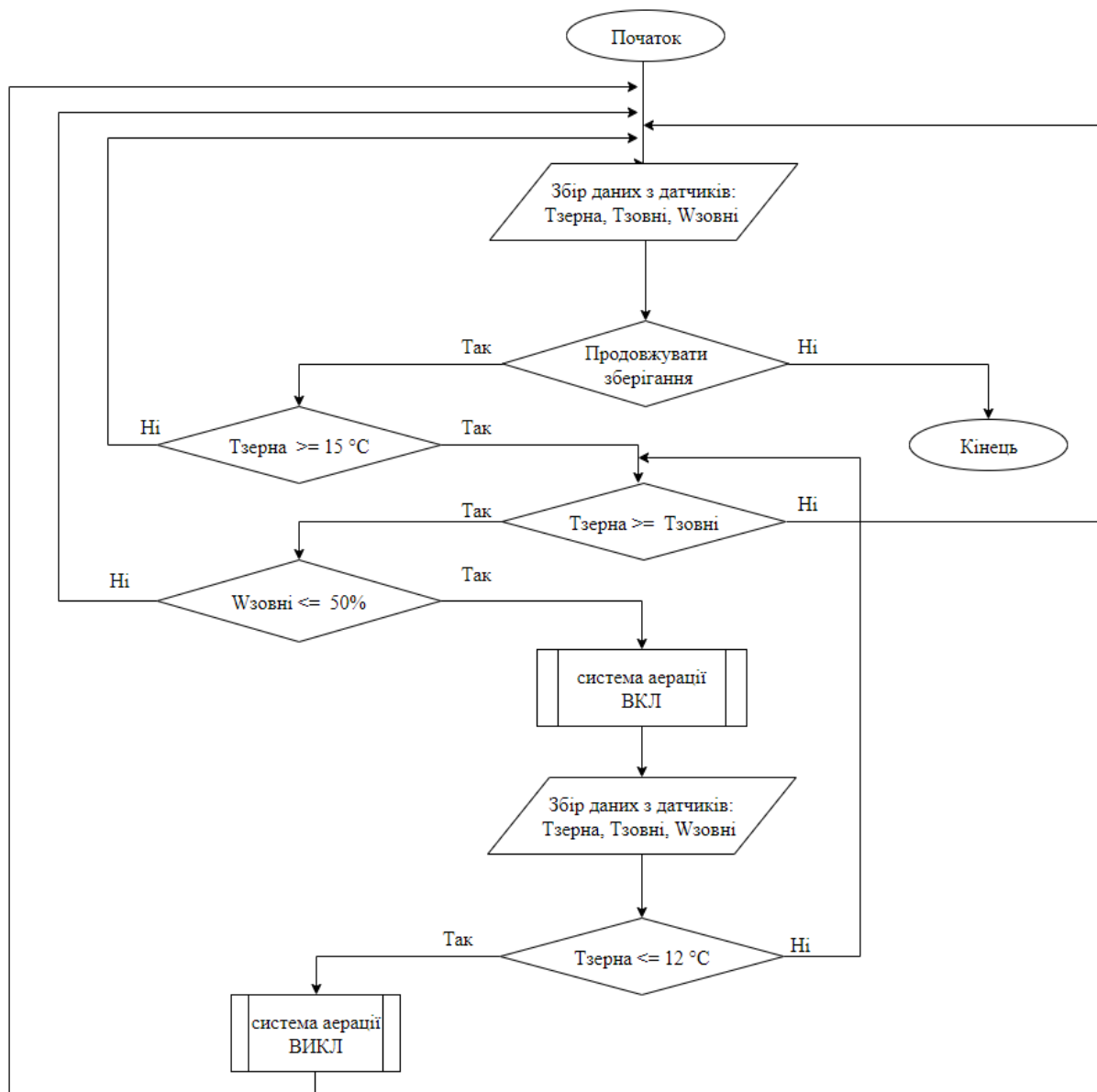


Рисунок 2.10 – Блок-схема роботи СППР для автоматичної аерації

Дана блок-схема показує шлях проходження аналізу процесу аерації в контейрах, від початку до зустрічі з умовами та виходу в кінець.

## 2.4 Висновки до розділу

Розділ містить детальну інформацію про програмне забезпечення, елементи моніторингу та візуалізації, зображення аналізу якості зерна. У ньому впроваджений автоматичний збір телеметрії температури та вологості з аеростатів

та станції, які згодом відображаються на візуальних панелях та проводять аналітичну системну обробку зібраної інформації.

Доведена та розроблена модель з математичним підґрунтям щодо термінів безпечного зберігання та умови й причини проростання, негативні чинники. Стосовно даної тези варто додати, що як її доведення розроблена система СППР для здійснення контролю системи охолодження з використанням комунікації цифрових пристроїв з системою.

Успішно проведено тестування та використання датчиків різних характеристик на емуляторах з відправкою даних. Система повністю задовольняє умови, які були висунуті при дослідженні та формулюванні, постановці задачі.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 3.1 Охорона праці

Темою дипломного проекту є «Розробка автоматизованої системи аналізу та візуалізації даних з використанням технологій IoT, Java та JavaScript на замовлення агрохолдингу», що передбачає собою розробку програмного забезпечення для збору метеоданих навколишнього середовища.

Питання погіршення навколишнього середовища зараз актуальне, як ніколи. Такі фактори, як промислова діяльність, викиди вихлопних газів, порушення будівництва та вирубка лісів, сприяють погіршенню навколишнього середовища, впливаючи на здоров'я та умови життя людей. Розширення глобального виробництва загострює ці екологічні проблеми, що робить обов'язковим вирішення та пом'якшення їх негативних наслідків. Багато фірм і підприємств активно працюють над запобіганням або мінімізацією цих негативних змін у своїх виробничих процесах.

У цьому контексті Інтернет речей (IoT) може відігравати ключову роль, використовуючи різні датчики для автоматизації моніторингу параметрів навколишнього середовища. Ці датчики збирають та аналізують інформацію про стан навколишнього середовища, прогнозують зміни та потенційні вектори, а також дозволяють формувати комплексні рішення, спрямовані на покращення або запобігання негативним наслідкам. Використання технологій Інтернету речей сприяє більш комплексному та керованому даними підходу до моніторингу та управління навколишнім середовищем.

Використовуючи рішення Інтернету речей, галузі та підприємства можуть активно сприяти сталим практикам. Ці технології дозволяють здійснювати моніторинг у реальному часі, аналізувати дані та приймати обґрунтовані рішення, що дає можливість організаціям активно вирішувати екологічні проблеми. Незалежно від того, чи йдеться про моніторинг якості повітря та води, управління



відходами чи енергоефективність, системи моніторингу навколишнього середовища на основі Інтернету речей пропонують цілісний підхід до розуміння та пом'якшення впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Таким чином, інтеграція IoT в управління навколишнім середовищем стає все більш важливою у прагненні до більш сталого та екологічного майбутнього.

Зараз дуже помітне невпинне зростання виробництва різноманітних систем і датчиків призначених спеціально для контролю параметрів навколишнього середовища. Проводиться моніторинг як система спостережень збирання, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації про стан середовища, прогнозування його змін і прийняття рішень, щодо запобігання негативних змін. Зокрема, активно використовуються датчики забруднення навколишнього середовища у багатьох країнах світу, зокрема у нашій столиці, у Києві датчики фіксують підвищений рівень забруднення повітря. Особливо критичні ситуації виникають поблизу великих автомагістралей чи заводів.

Варто виділити і датчики, які можуть слугувати на контролю життєдіяльності природи та людини: забруднення атмосферного повітря, води, датчики забруднення ґрунту, контролю опадів та снігового покриву, тощо. До прикладу, Датчик G238 відповідає за вимірювання забруднення повітря, адже його особливість полягає у тому, що він розпізнає наявність шкідливих речовин у повітрі. Завдяки своїй дешевій вартості та конструкції, його зручно та легко можна розміщувати у багатьох місцях, особливо де перебувають діти: дитячі садки, школи. Робоча зона датчика забруднення повітря MQ135(-20 ° C ~ + 55° C) та швидке реагування (до 30 секунд) та високу чутливість дозволяє йому задовольняти всі базові потреби. Але недоліком цього датчика є великий час розігріву: від 5 до 30 хвилин.

Останнім часом для вимірювання параметрів мікроклімату широко використовують аналогово-цифрові пристрої, зокрема вимірювач вологості та температури ИВТМ-7 є яскравим прикладом. Цей пристрій не лише призначений для вимірювання відносної вологості та температури, але також визначає інші

характеристики повітря. В якості чутливого елемента для вимірювання температури використовується плівковий резистор з нікелю. Для вимірювання відносної вологості використовується ємнісний датчик із змінною діелектричною проникністю. Принцип роботи полягає в перетворенні ємності та опору в частоту, яку подальше обробляє мікроконтролер.

Важливо відзначити, що всі використовані для цієї системи датчики не мають шкідливого впливу на здоров'я людини і можуть бути встановлені як у місцях скупчення людей, так і на малозаселених територіях.

Нині в усьому світі стратегічно розгорнуто безліч датчиків екологічного моніторингу, що підкреслює ключову роль екологічної безпеки в національній безпеці. Визнаючи, що порушення в екосистемах можуть спричинити критичні умови та, як наслідок, екологічні трагедії, надзвичайні ситуації та катастрофи, широке впровадження цих датчиків означає початкові кроки суспільства до проактивного екологічного управління. Цей монументальний стрибок у нашій еволюційній подорожі має величезне значення, обіцяючи покращення якості нашого оточення, загального добробуту та громадського здоров'я.

Розгортання датчиків навколишнього середовища не тільки діє як запобіжний захід проти потенційних екологічних криз, але й знаменує суттєвий прогрес у нашій здатності керувати та охороняти наші природні ресурси. Використовуючи ці технологічні інструменти, ми прагнемо не лише пом'якшити екологічні ризики, але й підвищити загальну якість життя. Це, у свою чергу, має на меті підвищити продуктивність людини та каталізувати подальший прогрес глобального технологічного прогресу.

У тандемі з екологічними міркуваннями забезпечення безпеки під час розгортання та експлуатації різних технологій має першочергове значення. Для запобігання потенційним ризикам, таким як ураження електричним струмом, пожежа та коротке замикання, було розроблено комплексний стандарт безпеки, відомий як IES 950. Для Європейського Співтовариства визначено спеціальний стандарт електробезпеки, який позначається як Cemark. Ці стандарти служать

критично важливою структурою, встановлюючи керівні принципи та найкращі практики для захисту від потенційних небезпек і сприяють загальній безпеці та надійності технологічних систем.

По суті, поєднання вдосконаленого моніторингу навколишнього середовища та суворих стандартів безпеки являє собою гармонійну конвергенцію, яка закладає основу для безпечнішого, здоровішого та технологічно прогресивнішого світу.

Під час монтажу та експлуатації ліній електропередач першорядним є зменшення ризику виникнення електричних пожеж через короткі замикання та перевантаження проводів. Крім того, необхідно звести до мінімуму використання проводів з горючою ізоляцією. Там, де це можливо, рекомендується перехід на матеріали з негорючою ізоляцією для підвищення загальної безпеки. Для ліній електроживлення, призначених для електропостачання комп'ютерного обладнання, включаючи ПК, периферійні пристрої та інструменти для обслуговування, ремонту та налагодження, доцільно встановити окрему трипровідну мережу. Ця мережа повинна охоплювати фазний, нульовий робочий і нульовий захисний провідники. Нульовий захисний провідник призначений спеціально для заземлення електроприймачів, що сприяє ефективному заземленню (занулення) і забезпечує підвищений рівень безпеки при роботі цих систем.

У гонитві за безпекою та ефективністю слід приділяти пильну увагу вибору матеріалів, гарантуючи, що вони відповідають стандартам негорючих матеріалів. Цей підхід не тільки узгоджується з протоколами безпеки, але й сприяє надійності та довговічності інфраструктури ліній електропередач. Дотримуючись цих правил, ми не лише зміцнюємо стійкість ліній електропередач до потенційних небезпек, але й дотримуємося непохитної відданості безпечному та ефективному функціонуванню комп'ютерних систем і відповідного обладнання.

Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового

робочого та нульового захисного провідників. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перерізу фазового провідника.

Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам ПУЕ. У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних ЕОМ, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

ПЕОМ, периферійні пристрої ПЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустимим є підключення ПЕОМ та периферійних пристроїв ПЕОМ до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення ПЕОМ, периферійних пристроїв слід виконувати за магістральною схемою, по 3...6 з'єднань або електророзеток в одному колі. Штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12 В та 36 В за своєю конструкцією повинні відрізнятися від штепсельних з'єднань для напруги 127 В та 220 В і мають бути пофарбовані в колір, який візуально значно відрізняється від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127 В та 220 В.

Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах з урахуванням вимог ПУЕ та Правил пожежної безпеки в Україні.

Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях. Доточувати проводи можна тільки шляхом паяння з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізолюваними провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПВЕ до переносних електропроводок;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;
- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Отже, щоб забезпечити електробезпеку користувачів ПК необхідно притримуватись стандартів прописаних у ГОСТ, НПАОП, а також загального стандарту безпеки ІЕС 950, загального стандарту електробезпечності для країн Європейської співдружності - Cemark.

## 3.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для безпосереднього виконання заходів ЦЗ в Україні створені спеціальні сили ЦЗ. До складу сил ЦЗ входять: Оперативно-рятувальна служба цивільного захисту, спеціалізовані формування ЦЗ, невоєнізовані формування ЦЗ. Для надання медичною допомогою населенню, охорони громадського порядку в осередках ураження і районах лиха, боротьби з пожежами, здійснення лабораторного контролю за станом навколишнього природного середовища, матеріально-технічного і інженерного забезпечення заходів ЦЗ можуть залучатися організації і установи міністерств, відомств і органів місцевої влади [14].

Конституція України, Постанови Кабінету Міністрів "Про затвердження Положення про організацію оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій та зв'язку у сфері цивільного захисту", Кодекс цивільного захисту України є правовими організаціями оповіщення населення при виникненні надзвичайних ситуацій. Відповідні накази можуть виконуватися за рішенням центрального органу виконавчої влади чи інші акти [16].

Цивільних захист передбачає собою виявлення та захист населення від потенційних чи фактичних ситуацій надзвичайного характеру: техногенні, екологічні та інші види катастроф чи ситуацій воєнного чи природного характеру та надання інформації про поточну ситуацію.

Система централізованого оповіщення області представляє собою комплекс заходів організаційно-технічного характеру, який включає в себе апаратуру та технічні засоби оповіщення, різні мережі зв'язку, а також засоби трансляції інформації з питань цивільного захисту. Метою цієї системи є своєчасне поширення сигналів та інформації до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення. Сирени та інші сигнальні засоби вмикаються перед передачею інформації для привертання уваги громадян. Звук цих сигналів служить попереджувальним сигналом "УВАГА ВСІМ".

Узагальнено, система оповіщення включає загальнодержавну, регіональні та спеціальні системи централізованого оповіщення, локальні та об'єктові системи оповіщення, а також системи циркулярного виклику.

Для виконання основних завдань оповіщення, які визначені керівними документами, а саме: забезпечення своєчасного проходження інформації між органами управління щодо ступенів готовності; оповіщення керівного складу, населення про загрозу радіоактивного, хімічного і бактеріологічного ураження, про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і особливий період та постійне інформування його про наявну обстановку.

Для передачі попереджувального сигналу "УВАГА ВСІМ" застосовуються електричні сирени централізованого і автономного включення, наявна кількість яких в основному забезпечує озвучення території де проживає населення області.

На випадок виникнення надзвичайної ситуації безпосередньо на потенційно небезпечних підприємствах за їх рахунок створюються об'єктові системи оповіщення.

Локальні системи оповіщення створюються на потенційно небезпечних об'єктах, зона ураження від яких, у разі виникнення на них надзвичайної ситуації, досягає заселених територій або інших підприємств, установ, організацій. До їх складу входять абонентські радіоточки мережі радіомовлення та відомчих радіотрансляційних вузлів, вуличні гучномовці, пристрої запуску електросирен та самі електросирени, система централізованого виклику, магнітофони, магнітні стрічки із записаними текстами звернень.

Готовність систем оповіщення забезпечується шляхом:

- організованої цілодобової чергової відповідних служб;
- налагодження телефонного зв'язку чергових служб потенційно небезпечних підприємств, зона ураження яких може поширюватися на заселені території або території інших підприємств, установ, організацій з оперативно-черговою службою пункту управління облдержадміністрації, чергових служб органів МВС в містах та районах області;

- завчасної підготовки персоналу чергових служб до дій у надзвичайних ситуаціях;
- впровадження автоматизованих систем оповіщення з використанням сучасних технологій;
- якісного експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та системи зв'язку.

Забороняється відключати радіотрансляційні точки та абонентські лінії, через які здійснюється запуск електросирен від мереж радіомовлення, демонтувати вуличні гучномовці без погодження з відповідними органами управління з питань ЦЗН.

Висновок: для забезпечення оповіщення громадян у випадку виникнення надзвичайних ситуацій природного або техногенного характеру застосовуються централізовані системи оповіщення, а також оповіщення у ЗМІ.



## ВИСНОВКИ

Після ретельного аналізу різних платформ Інтернету речей (IoT) для розробки системи збору, моніторингу та візуалізації якості зерна в зерносховищах було обрано платформу з відкритим кодом ThingsBoard, що відповідає конкретним потребам агрохолдингу. Основна увага дослідження включає вивчення ключових факторів, що впливають на втрату якості зерна під час зберігання, з особливим акцентом на умови температури та вологості.

Аналітична обробка даних передбачає використання математичної моделі для визначення безпечного терміну зберігання та окремої моделі для оцінки потенціалу схожості зерна. Ці моделі отримують дані від датчиків температури та вологості, що дає цінну інформацію про якість зерна, що зберігається. Для автоматизації управління системою аерації в зерносховищі розроблена Система прогнозування та прийняття рішень (СППР). Ця система аналізує дані, зібрані датчиками, розташованими всередині та навколо зерносховища. Він відіграє вирішальну роль у прийнятті обґрунтованих рішень щодо роботи системи аерації.

Варто зазначити, що сам процес зберігання зерна ставить перед СППР складні завдання. Рішення про те, коли активувати чи деактивувати систему аерації, залежить від багатьох факторів, таких як висота стовпа зерна та глибина розміщення датчика. Ця складність відкриває можливості для подальшого вдосконалення СППР, зокрема, за рахунок врахування додаткових параметрів для більш точного та ефективного керування системою аерації під час зберігання зерна. Це постійне вдосконалення має вирішальне значення для постійного підвищення ефективності та надійності системи зберігання зерна.

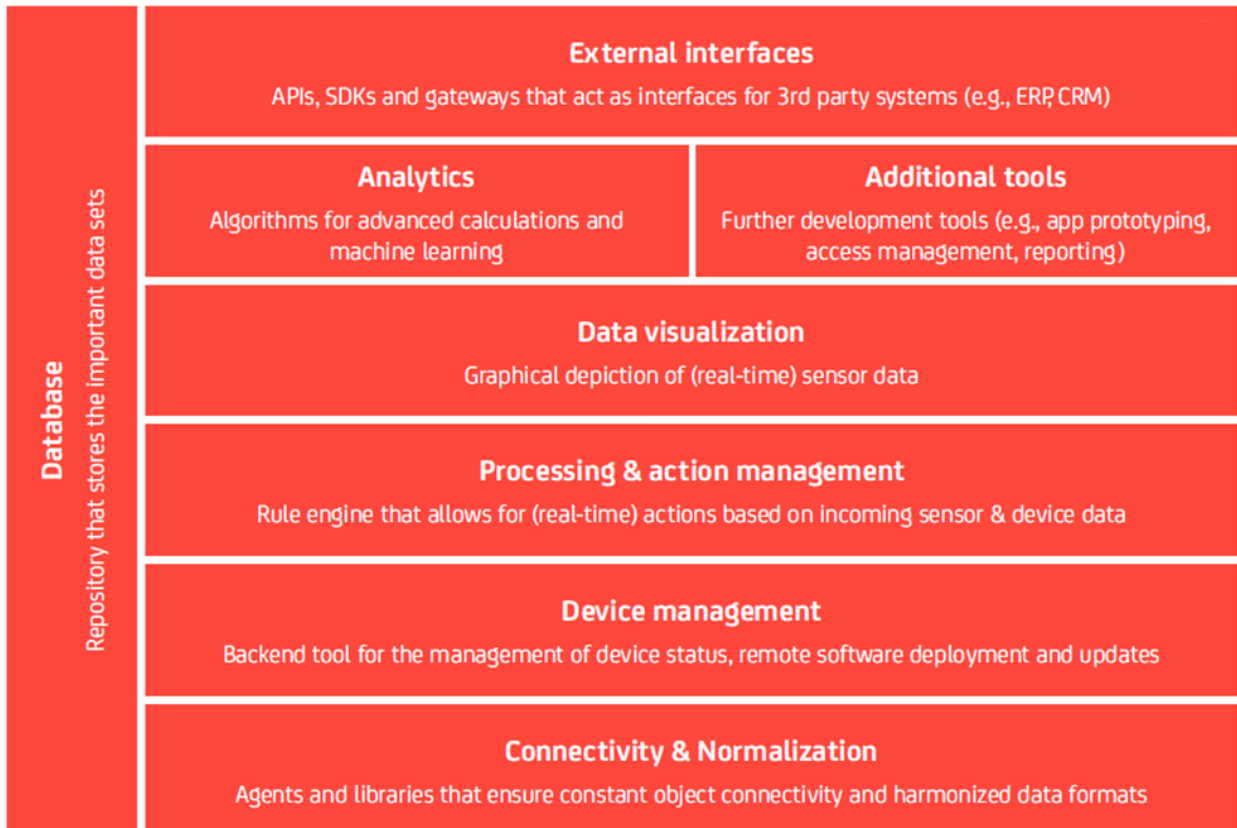
## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Palmer D. The Internet of Things? It's really a giant robot and we don't know how to fix it / Danny Palmer // ZDNet. [Electronic resource] — 2017. — Mode of access: <https://www.zdnet.com/article/the-internet-of-things-its-really-a-giant-robot-and-we-dont-know-how-to-fix-it/>
2. Ranger S. What is the IoT? Everything you need to know about the Internet of Things right now / Steve Ranger // ZDNet. — 2018. [Electronic resource] — Mode of access: <http://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/>
3. ThingsBoard IoT Platform // [Electronic resource] — 2017.— Mode of access: <https://thingsboard.io/>
4. Scully P. 5 Things To Know About The IoT Platform Ecosystem / P Scully // IoT analytics. Market insight for the Internet of things [Electronic resource] — 2016.— Mode of access: <https://iot-analytics.com/5-things-know-about-iot-platform/>
5. Shvayka A. What is best open source framework for IoT (internet of things)?/ A. Shvayka // Quora. — 2017. [Electronic resource] — Mode of access: <https://www.quora.com/What-is-best-open-source-framework-for-IoT-internet-of-things>
6. Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" 2016 // [Electronic resource] Eggham, U.K. — 2017.— Mode of access: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3598917>
7. Стадник І. Зберігання зерна у сховищі. / І. Стадник, Ю. Сухенко, В. Василів // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. — 2016.— Режим доступу: <http://propozitsiya.com/ua/zberigannya-zerna-u-shovyshchi>
8. Фіцик В. «Кріосауна» для зерна або технологія охолодження зерна / В. Фіцик // Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. — 2017. — Режим доступу: <http://propozitsiya.com/ua/kriosauna-dlya-zerna-abo-tehnologiya-oholodzhennya-zerna>

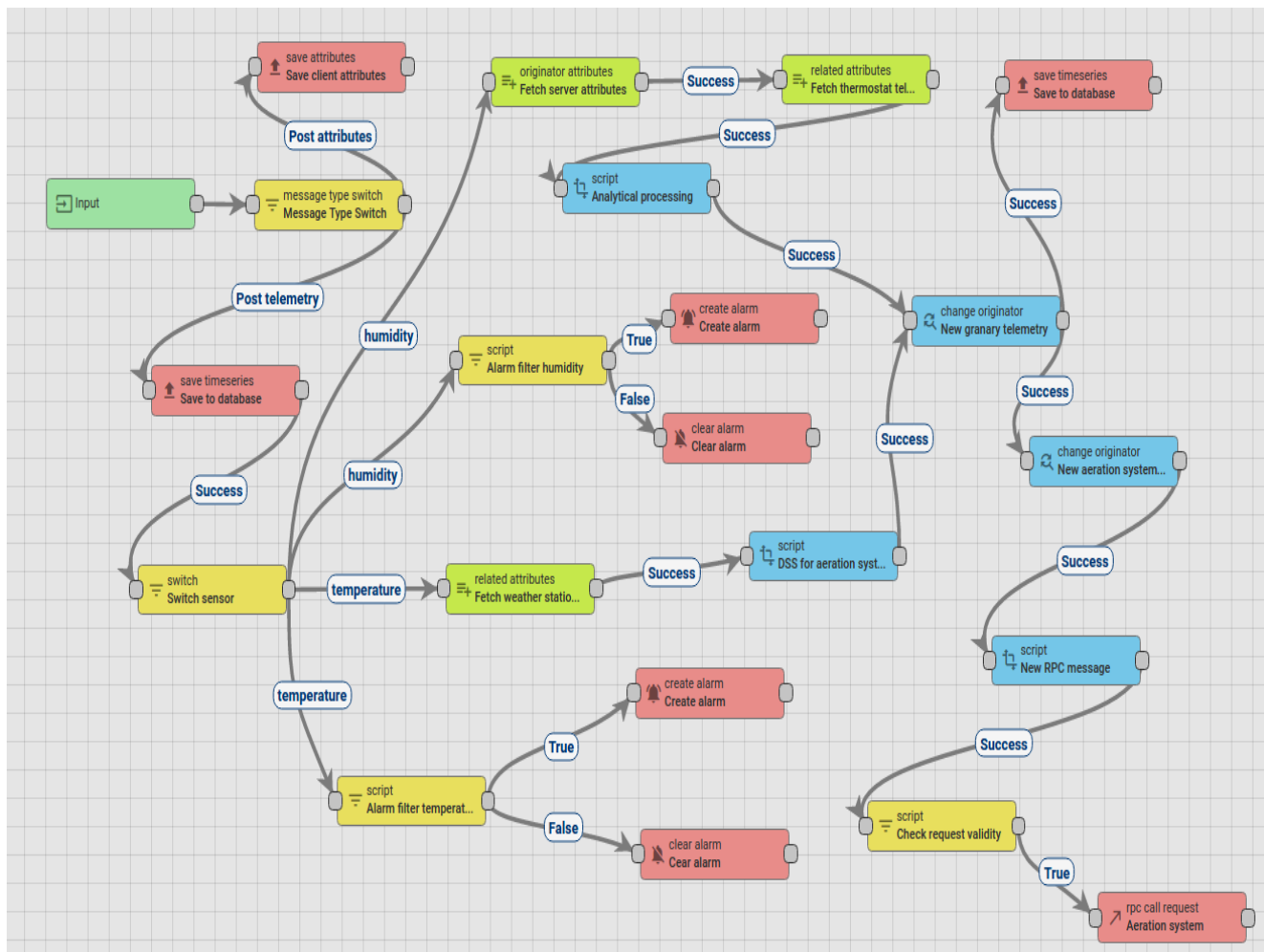
9. Agnieszka Kaleta and Krzysztof Górnick. Criteria of Determination of Safe Grain Storage Time. / Kaleta A., Górnick K. // A Review,— Mode of access: <https://pdfs.semanticscholar.org/55d7/0651eefb7ccd43ccf31b7d77394392e7fb4e.pdf>
10. Kreyger J. Drying and storing grains, seeds and pulses in temperate climates /J. Kreyger // Bulletin 205. Institute for Storage and Processing of Agricultural Products. — Wageningen, — The Netherlands, — 1972, — 333 p
11. Закон України «Про авторське право та суміжні права» №2627-III
12. ThingsBoard Documentation // Documentation for using ThingsBoard IoT Platform. Open documentation for releases before 2.0. [Electronic resource] — 2018. — Mode of access: <https://thingsboard.io/docs/user-guide/rpc/>
13. Техноекологія та цивільна безпека. Частина “Цивільна безпека”/ В. С. Стручок – Тернопіль – Mode of access: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39424>
14. М.Р. Петрик, Д.М. Михалик, О.Ю. Петрик, Г.Б. Цуприк. Методичні вказівки до виконання атестаційної роботи магістра за спеціальністю 121 – “Інженерія програмного забезпечення” для усіх форм навчання [Текст] – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – 2020.
15. Дистанційний курс «Основи охорони праці» сайту дистанційного навчання ТНТУ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://dl.tntu.edu.ua/index.php>
16. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації ЕОМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0382-99>
17. А.П.Ландяк, Д. М. Михалик “Розробка автоматизованої системи аналізу та візуалізації даних з використанням технологій IoT, Java та Javascript на замовлення агрохолдингу” Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 13-14 грудня 2023 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 211 с [додаток Г].

# ДОДАТКИ

## Додаток А. Платформа інтернет речей та її компоненти




Додаток Б. Ланцюг правил для забезпечення належного зберігання зерна



# Додаток В. Панель візуалізації активу Granary та пристрою Aeration system

District > Granary Guide Dashboard ▾ Entities ⌚ Realtime - last minute ⬇️ ⌵

### Granary Plan



WeatherStation  
Ahrens  
Thermostat  
Hygrostat

### Granary sensor list

| Entity name ↑  | Temperature | Humidity |
|----------------|-------------|----------|
| Hygrostat      | -           | 13.70 %  |
| Thermostat     | 15.20 °C    | -        |
| WeatherStation | 12.70 °C    | 40.40 %  |

Page: 1 ▾ Rows per page: 10 ▾ 1 - 3 of 3 ⌂ < > ⌵

### forecast days

214


### Days of storage

20

### Germination capacity

10 %

### Aeration system




**OFF**

### Granary: Alarms

⌚ Realtime - last 12 hours

| Created time ↓  | Originator | Type | Severity | Status |
|-----------------|------------|------|----------|--------|
| NO ALARMS FOUND |            |      |          |        |

Powered by  Thioboard v 2.0.0

Додаток Г. Апробація роботи на науковій конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

**УДК 004.41**

**А.П.Ландяк, Д. М. Михалик, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ  
ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ IOT, JAVA ТА JAVASCRIPT**

**A.P. Landiak , D. M. Mykhalyk, PhD, Assoc.Prof.**

**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED DATA ANALYSIS AND VISUALIZATION  
SYSTEM USING IOT, JAVA, AND JAVASCRIPT TECHNOLOGIES**

Розвиток та актуальність IoT технологій полягає у тому, що дана галузь не тільки стрімко розвивається, але й є однією з рушійних сил розвитку бізнесу та галузей загалом. Тенденцію розвитку можна прослідкувати ще з 1990-х років, коли з'явилися перші ідеї та спроби створення розумного пристрою, який міг би комунікувати як з системою чи центральним сервером, так і з іншими пристроями. Величезна мережа взаємопов'язаних цифрових пристроїв є ключовою концепцією сфери Інтернету речей, адже це дозволяє пристроям в режимі реального часу збирати та відсилати дані з метою здійснення аналізу та моніторингу метричних даних, підвищенню ефективності, адже це дозволяє передавати і налаштовувати систему на реагування на певну інформацію швидше, ніж за участі людини. Завдяки цьому можна гарантувати ефективність та доцільність використання різноманітних робочих ресурсів, сталість виробництва та подальшого стратегічного планування для ведення продуктивної діяльності.

Метою роботи та дослідження є використання сучасних технологій Інтернет речей, а саме IoT платформ у поєднанні з найбільшою та дуже важливою галуззю економіки України - аграрної сфери, задля підвищення ефективності та продуктивності діяльності потреб агрохолдингів. Однією з найочевидніших проблем даної сфери є раціональне зберігання зерна у елеваторах, а саме дотримання норм вологості, тиску та температури, герметизації продукції згідно з її призначенням та допустимої зернової маси, висоти зернового стовпа та інше. Дані метрики та характеристики збираються безпосередньо на пристроях та надсилаються в систему через шлюз для комунікації між пристроями - IoT Gateway - інтелектуальний хаб для IoT пристроїв.

Наукова новизна та практичне значення полягає у розробці, використанні й впровадженні сучасних можливостей технологій Інтернету речей, інструментів для бізнес-потреб агрохолдингу та реалізації ефективних рішень. Система дозволить налаштувати моніторинг та відображення даних, оптимізувати ефективність, мінімізувати втрати і потенційні проблеми шляхом сповіщень. Використовуючи набір правил, які можна налаштовувати та задати в залежності від сценаріїв використання, будь-які дані, отримані від розумних пристроїв, можна налаштувати під конкретну бізнес-логіку з подальшим реагуванням, що забезпечить можливість контролювати температуру повітря та вологість для зберігання зерна в елеваторах, а у випадках порушення допустимих норм отримувати сповіщення чи попередження для швидкого реагування.

**Література**

1. М.Р. Петрик, Д.М. Михалик, О.Ю. Петрик, Г.Б. Цуприк. Методичні вказівки до виконання атестаційної роботи магістра за спеціальністю 121 – “Інженерія програмного забезпечення” для усіх форм навчання [Текст] – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – 2020 – 27 с.