

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень


Кіберфізична система для прогнозу погоди (програмна частина)
Назва теми

КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2-20-1  І.В. Каліновський
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  О.В. Боровик
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  І.О. Засорнова
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем

 Т.О. Говорущенко
Підпис Ініціали, прізвище

« 5 » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ ” 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Каліновському Іллі Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система для прогнозу погоди (програмна частина)

Керівник проекту (роботи) Боровик О.В., професор кафедри КІПС

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 15.02.2024 р. № 8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Кіберфізичні системи. Відомі методи та засоби прогнозування погоди.

Проектування кіберфізичної системи для прогнозу погоди.

Реалізація програмної частини кіберфізичної системи для прогнозування погоди.



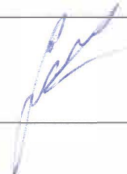

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Креслення структури кіберфізичної системи

Схема електрична принципова клієнтської частини кіберфізичної системи прогнозування погоди

Монтажна схема клієнтської частини кіберфізичної системи прогнозування погоди

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Засорнова І.О., доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2024	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2024	виконано
3	Робота над розділом 1 – Кіберфізичні системи. Відомі методи та засоби для прогнозування погоди	01.03.2024	виконано
4	Робота над розділом 2 – Проектування кіберфізичної системи для прогнозування погоди	01.04.2024	виконано
5	Робота над розділом 3 – Реалізація програмної частини кіберфізичної системи	30.04.2024	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2024	виконано
7	Попередній захист ВКР	30.05.2024	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2024 року	

Студент


Підпис

Каліновський І.В.
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Боровик О.В.
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: Кіберфізична система для прогнозу погоди (програмна частина).

Автор роботи: *Каліновський Ілля Володимирович*.

Керівник роботи: *Боровик Олег Васильович*.

Пояснювальна записка: *60 с., 30 рис., 1 табл., 3 дод., 60 джерел*.

Графічна частина: *7 презентаційних слайдів*.

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ, NODE RED

Мета кваліфікаційної роботи: *проектування та реалізація прототипу кіберфізичної системи для прогнозу погоди*.

Однією з найбільш перспективних і важливих сфер застосування кіберфізичних систем є прогнозування погоди. Враховуючи кліматичні зміни та зростаючі потреби в точних метеорологічних даних для різних галузей, від сільського господарства до авіації, значення таких систем постійно зростає. КФС для прогнозування погоди можуть забезпечити високу точність та оперативність у зборі та обробці даних, що є критично важливим для прийняття правильних рішень у багатьох сферах діяльності.

Підпис студента






Дата

04.06.2024

ЗМІСТ

СКРОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	4
ВСТУП.....	5
1 КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ. ВІДОМІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ.....	7
1.1 Кіберфізичні системи та їх особливості	7
1.2 Аналіз відомих методів прогнозування погоди	13
1.2.1 Наукові підходи до прогнозування погоди.....	17
1.2.2 Відомі IoT системи моніторингу та прогнозу погоди.....	18
1.3 Висновки. Постановка задачі.....	22
2 ПРОЕКТУВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУ ПОГОДИ	23
2.1 Вимоги до кіберфізичної системи для короткострокового прогнозу погоди	23
2.2 Структура та принцип функціонування кіберфізичної системи прогнозу погоди	24
2.3 Вибір апаратних засобів	26
2.4 Схема електрична принципова	35
2.5 Монтажна схема проєктованого програмно-технічного пристрою.....	38
2.6 Наближений розрахунок вартості проєктованої кіберфізичної сисетми прогнозу погоди (клієнтська частина)	40
2.7 Висновки	41
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУ ПОГОДИ	42
3.1 Налаштування та розгортання середовищ Node red та Arduino IDE	42

КвРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ									
Зм.	Арк.	Номерум	Підпис	Дата	Кіберфізична система для прогнозу погоди (програмна частина)	Літера	Аркш	Аркушів	
Виконав		Каліновський І.В.						2	60
Перевір.		Боровик О.В.							
Н.контр.		Засорнова І.О.				ХНУ, КІ2-20-1			
Затвер		Говорущенко Т.О.							

3.2 Реалізація програмної частини кіберфізичної системи для прогнозу погоди у середовищі Node red	44
3.2.1 Релізація функцій моніторингу та візуалізації значень температури, вологості та атмосферного тиску, а також здійснення короткострокового прогнозу погоди	44
3.2.2 Релізація функції моніторингу та візуалізації швидкості вітру	55
3.3 Висновки	58
ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТОК А Копія креслення «Структура кіберфізичної системи для прогнозу погоди»	63
ДОДАТОК Б Копія креслення «Схема електрична принципова клієнтської частини кіберфізичної системи».....	64
ДОДАТОК В Копія креслення «Монтажна схема клієнтської частини кіберфізичної системи»	65

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДЖ – Джерело живлення

ІТ – Інформаційна технологія

КС – Комп'ютерна система

ПЗ – Програмне забезпечення

РБ – Розумний будинок

ШЖ – Шина живлення

ГРІО – General Purpose Inpu Output

ІоТ – Internet of Things

					КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Кіберфізичні системи (КФС) є складними технологічними комплексами, що поєднують у собі обчислювальні можливості із фізичними процесами. Це інтеграція апаратних та програмних компонентів, яка дозволяє здійснювати моніторинг, контроль та управління різноманітними процесами в реальному часі. Від побутових пристроїв до великих промислових систем, КФС охоплюють широке коло застосувань, де вони забезпечують високу ефективність, надійність та адаптивність систем.

Однією з найбільш перспективних і важливих сфер застосування кіберфізичних систем є прогнозування погоди. Враховуючи кліматичні зміни та зростаючі потреби в точних метеорологічних даних для різних галузей, від сільського господарства до авіації, значення таких систем постійно зростає. КФС для прогнозування погоди можуть забезпечити високу точність та оперативність у зборі та обробці даних, що є критично важливим для прийняття правильних рішень у багатьох сферах діяльності.

Процес прогнозування погоди за допомогою КФС включає кілька ключових етапів. Спочатку здійснюється збір даних з різних метеорологічних датчиків, які можуть вимірювати температуру, вологість, атмосферний тиск, швидкість та напрямок вітру. Ці дані постійно оновлюються, що дозволяє системі отримувати актуальну інформацію про погодні умови. Наступним етапом є обробка та аналіз зібраних даних. Тут у гру вступають обчислювальні можливості КФС, які дозволяють застосовувати різноманітні алгоритми для обробки великих обсягів даних. Застосування ефективних алгоритмів машинного навчання та прогнозування допомагає виявляти тенденції та робити точні прогнози на основі аналізу отриманих даних. Останнім, але не менш важливим етапом, є візуалізація та передача результатів користувачам. Кіберфізичні системи можуть забезпечити зручні та інформативні інтерфейси, які дозволяють користувачам легко отримувати доступ до необхідної інформації. Використання таких інтерфейсів, як дашборди, графіки та інші

					КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

візуальні елементи, значно спрощує розуміння складних метеорологічних даних та їхнє використання для прийняття рішень.

Таким чином дана робота зосереджується на розробці програмної частини кіберфізичної системи для прогнозу погоди, яка використовує Node-RED для реалізації короткострокового прогнозу на найближчу добу. Система моніторить в реальному часі рівень температури та вологості повітря, атмосферного тиску, а також швидкість вітру. Отримані дані візуалізуються у вигляді динамічних графіків, що дозволяє користувачам оперативно отримувати актуальну інформацію про погодні умови.

Метою роботи є проектування та реалізація прототипу кіберфізичної системи для прогнозу погоди.

Об'єктом дослідження є процеси отримання, обробки та передачі даних для прогнозування погоди.

Предметом дослідження є кіберфізична система для короткострокового прогнозу погоди.

					КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ. ВІДОМІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ

1.1 Кіберфізичні системи та їх особливості

Кіберфізична система (КФС) – це система, у якій комп'ютерні алгоритми керують або спостерігають за фізичними процесами, забезпечуючи тісний зв'язок з Інтернетом та його користувачами. У кіберфізичних системах програмне забезпечення тісно інтегровано з фізичними елементами, що дозволяє їм взаємодіяти на різних часових та просторових рівнях. Ці системи можуть мати різноманітні моделі поведінки та методи взаємодії, які змінюються в залежності від конкретного контексту. До прикладів кіберфізичних систем можна віднести розумні електромережі, автономні автомобілі, автоматизовані системи управління, робототехнічні комплекси, безпілотні літальні апарати, а також інші системи.

Кіберфізичні системи використовують міждисциплінарний підхід, що об'єднує наукові методи, кібернетику, мехатроніку, а також промисловий дизайн. Управління процесами в таких системах часто пов'язане із вбудованими системами, які акцентують увагу на обчислювальних аспектах, приділяючи менше уваги фізичним компонентам. Хоча архітектура КФС подібна до Інтернету речей, вони відрізняються більш високим рівнем інтеграції між фізичними та обчислювальними елементами.

Кібер (Cyber) компонент відноситься до обчислень, мереж та контролю. Фізичні системи – це природні та створені людиною системи, які регулюються законами фізики та виконуються в реальному часі. Кіберфізична система (КФС) характеризується як революційна технологія для управління взаємопов'язаними системами між їхніми обчислювальними можливостями та фізичними активами. Кіберфізичні системи – це мережа взаємопов'язаних ІТ-компонентів, яка використовується для керування фізичними, такими як механічні та електронні пристрої. Інтернет використовується як інформаційна інфраструктура для

такому випадку програма автоматично підтримує бажану швидкість автомобіля без необхідності постійного втручання водія. Система круїз-контролю використовує різні датчики для моніторингу поточної швидкості автомобіля та інших умов дороги.

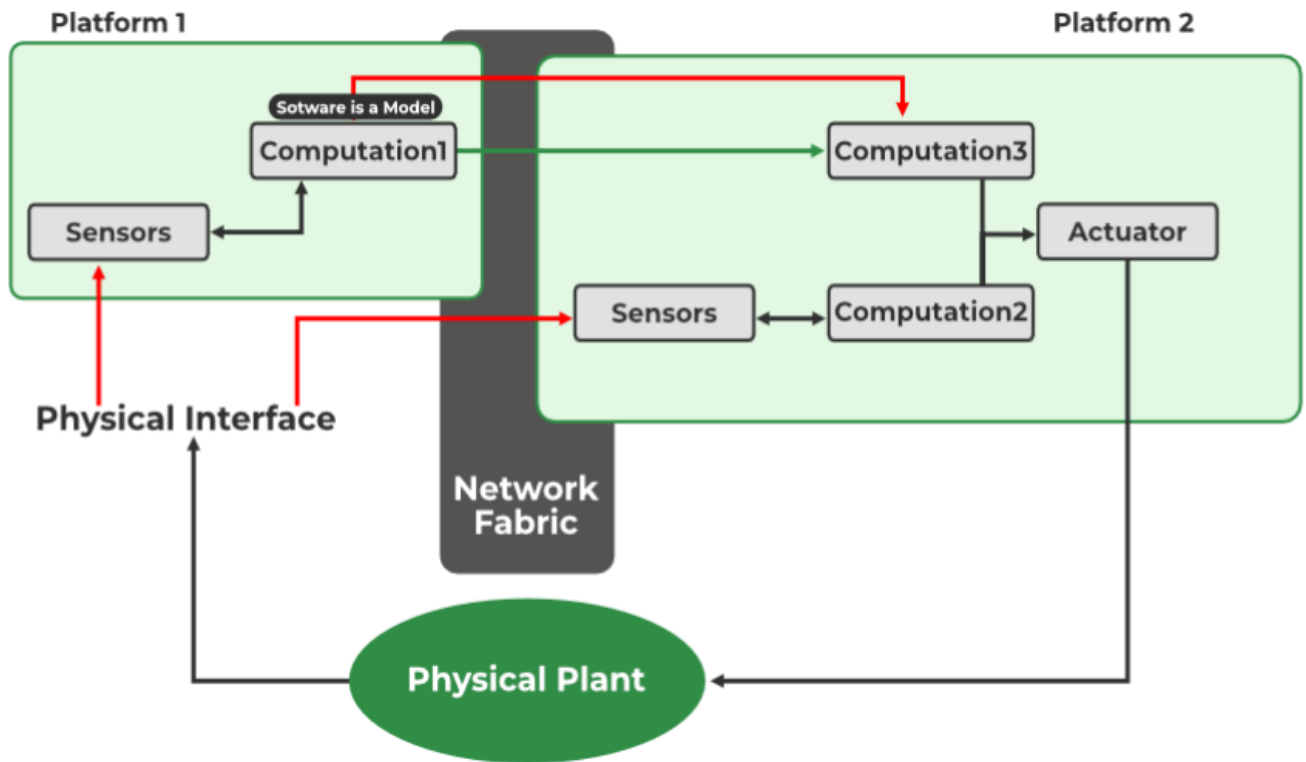


Рисунок 1.1 – Узагальнене представлення кіберфізичної системи

– мережева підключеність – кіберфізичні системи повинні використовувати мережеву підключеність як основу для комунікації між кібер- та фізичним світом. Без ефективною мережевої інфраструктури, взаємодія між сенсорами, актуаторами, контролерами та іншими пристроями була б неможливою або надзвичайно обмеженою;

– надійність та стійкість – щоб забезпечити безпечну та ефективну роботу в динамічних середовищах, кіберфізичні системи повинні мати високу надійність;

– паралелізм – є ключовою характеристикою кіберфізичних систем (КФС), що дозволяє підвищити ефективність і швидкість обробки даних та виконання

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

відображенню, реальному часу комунікацій та ефективній співпраці між кібер та фізичними світами. Обчислювальна система може впливати на більше ніж один фізичний об'єкт. Наприклад, структура може складатися з кількох апаратних елементів. Як результат, зв'язок між кібер і фізичними світами КФС є зв'язком типу "один до багатьох", а не "один до одного".

Основними характеристиками кіберфізичних систем є:

– кіберфізичні системи призначені для моніторингу та керування фізичними процесами безперервним чином. Кіберфізичні системи (КФС) інтегрують обчислювальні ресурси з фізичними процесами для забезпечення постійного моніторингу та керування. Це дозволяє здійснювати автоматичний контроль та оптимізацію процесів в реальному часі, що є критично важливим для багатьох галузей, таких як виробництво, транспорт, енергетика та медицина. Безперервний моніторинг забезпечує точність та надійність в управлінні складними системами, дозволяючи реагувати на зміни в середовищі майже миттєво;

– у кіберфізичних системах сенсори та актуатори працюють у зворотному зв'язку. Сенсори в КФС збирають дані про стан фізичних процесів, які потім обробляються комп'ютерними системами для прийняття рішень. Актуатори, в свою чергу, виконують ці рішення, впливаючи на фізичні процеси. Цей зворотний зв'язок між сенсорами та актуаторами дозволяє системі адаптуватися до змін у реальному часі, підтримуючи стабільність та ефективність роботи. Наприклад, в автомобільних системах КФС можуть автоматично регулювати швидкість та напрямок руху автомобіля, реагуючи на зміни в дорожніх умовах;

– у кіберфізичних системах пристрої розроблені для взаємодії з фізичними процесами та їх контролю. Пристрої, що складають КФС, спроектовані таким чином, щоб вони могли ефективно взаємодіяти з фізичними компонентами системи. Вони здатні виконувати комплексні завдання, такі як вимірювання, аналіз та контроль фізичних параметрів, що дозволяє забезпечувати високий рівень автоматизації та точності. Наприклад, в системах

автоматизації будівель КФС можуть контролювати температуру, освітлення та безпеку, оптимізуючи ці процеси для підвищення комфорту та зниження енергоспоживання;

– кіберфізичні системи є складнішими порівняно з пристроями Інтернету речей (IoT). Хоча IoT-пристрої також інтегрують фізичні об'єкти з мережевими технологіями, КФС йдуть далі, забезпечуючи не тільки збір та обмін даними, але й їх обробку, аналіз та активне керування процесами. КФС мають більш високі вимоги до точності, надійності та безпеки, оскільки вони часто застосовуються в критичних для життя і здоров'я людей системах, таких як медичне обладнання або авіаційні системи. Це вимагає складніших алгоритмів, більшої обчислювальної потужності та більш інтегрованого підходу до розробки та експлуатації систем.

Кіберфізичні системи мають широке застосування у реальному світі завдяки поширенню та рохвितку передових технологій. КФС найчастіше використовуються у багатьох сферах, зокрема таких як:

– сільське господарство, завдяки КФС можна розробляти датчики, трактори або комбайни, які надають інформацію про тип і стан ґрунту;

– аеронавтика, є однією із галузей, яка може отримати користь від інтеграції КФС. У цій галузі КФС можуть використовуватися для покращення контролю та безпеки літаків, а також для підвищення продуктивності та ефективності;

– охорона здоров'я та персоналізована медицина, КФС використовують технології, які включають підключені медичні пристрої та носимі гаджети для моніторингу стану здоров'я пацієнтів;

– цивільна інфраструктура, Кіберфізичні системи використовуються для покращення інфраструктури за допомогою нових технологій підвищення ефективності. Вони включають використання передових цифрових технологій, таких як Інтернет речей та датчики;

– виробництво, у виробництві КФС можуть здійснювати моніторинг і контроль виробничого процесу в режимі реального часу, що покращує якість і зменшує кількість відходів;

– транспорт, КФС можуть покращувати безпеку та ефективність за допомогою інтелектуальних методів обробки даних.

1.2 Аналіз відомих методів прогнозування погоди

Існує декілька різних методів, які використовуються для прогнозування погоди. Метод, який обирають синоптики, залежить від їхнього досвіду, кількості наявної інформації та рівня складності прогнозу. Прогнозування погоди вимагає значних досліджень атмосфери і включає численні математичні та статистичні методи і моделі, і виконується професійними метеорологами та синоптиками, як зазначено вище.

Розглянемо деякі відомі методи прогнозування, які використовуються кліматологами, які включають:

- метод постійності;
- метод тенденцій;
- метод кліматології;
- метод аналогів;
- метод чисельного прогнозування погоди.

Одним із найпростіших є метод постійності, який базується на принципі «сьогодні дорівнює завтрашньому дню». В цьому методі передбачається, що атмосферні умови завтра будуть такими ж, як і сьогодні. Наприклад, якщо сьогодні сонячно і температура становить 37°C, то завтра також буде сонячно і така ж температура, якщо прогноз зроблено за цим методом. Цей метод найкраще працює для місць, де погодні умови не змінюються значно протягом певного сезону або часу. Наприклад, у Південній Каліфорнії влітку прогнози можна робити за допомогою методу постійності, оскільки в цей час є дуже мало змін у погодних умовах з дня на день. Може здатися, що цей метод

загалом використовується для короткострокових прогнозів, але він більш придатний для довгострокових прогнозів, наприклад, місячних або сезонних прогнозів, коли холодний і сухий місяць буде наступним за таким же холодним і сухим місяцем.

Метод тенденцій, базується на певних тенденціях, на основі яких робиться прогноз. Ці тенденції можуть бути, наприклад, швидкість і напрямок вітрів у циклонічних умовах, що дозволяє точно прогнозувати час, коли циклон досягне певного місця. Наприклад, якщо циклон знаходиться на відстані 1000 км на захід від регіону «X» і просувається на схід зі швидкістю 200 км на день, то він досягне місця «X» через п'ять днів. Метод тенденцій також застосовується для негайних прогнозів (nowcasts), якщо прогноз робиться на кілька годин. Наприклад, якщо гроза знаходиться приблизно за 60 км на північний захід від певного місця і рухається на південний схід зі швидкістю 30 км/год, то вона досягне цього місця за 2 години. Цей метод корисний, якщо є постійність у швидкості та напрямку конкретної погодної системи.

Метод кліматології передбачає прогнозування погоди для конкретного місця і часу шляхом визначення середніх погодних умов для цього конкретного місця і часу, накопичених протягом багатьох років. Наприклад, якщо потрібно зробити прогноз погоди в Хмельницькому на 21 жовтня, то всі погодні дані, зафіксовані в попередні роки в Хмельницькому на 10 червня, будуть враховані. Цей метод працює добре, якщо погодні умови в цьому конкретному місці для цього конкретного часу більш-менш схожі. Якщо умови погоди в цей час непередбачувані, то цей метод не працюватиме.

Метод аналогії базується на регулярності або періодичності погодних умов у минулому та вірі у повторення схожих погодних подій у майбутньому. Метод аналогії знаходить аналогію прогнозованої ситуації певного дня з днем у минулому, коли погодна ситуація виглядала схоже. Наприклад, якщо штормові умови розвивалися в певній області після теплого дня, то якщо схожі температурні умови тривають вдень, можна передбачити прихід шторму. Проте варто зазначити, що цей метод складний, оскільки неможливо знайти ідеальний

					КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк. 14
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

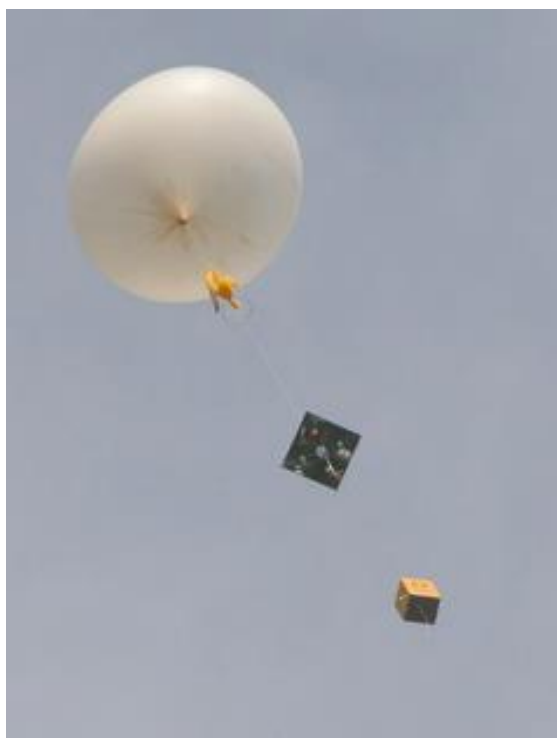
аналог. Навіть невеликі відмінності можуть призвести до помилкових результатів і неточних прогнозів.

Метод чисельного прогнозу погоди використовує потужність комп'ютерів і складні комп'ютерні програми та рівняння, що стосуються атмосферних змінних, таких як температура, тиск, вологість тощо. Ці рівняння використовуються моделями, які запускаються на суперкомп'ютерах, за допомогою яких виконується прогнозування погоди. Рівняння, які використовуються для цього методу, повинні бути дуже точними, інакше при запуску моделей помилки помножуються і дають неточні результати. Помилки також виникають через певні прогалини в даних, які надходять до моменту, коли складаються рівняння і запускаються в модель. Однак варто зазначити, що незважаючи на ці недоліки, цей метод вважається найкращим серед розглянутих вище методів і надає точний денний прогноз погоди. Цей метод також потребує величезного досвіду, і лише досвідчені синоптики використовують цю модель для надання точної погодної інформації.

Поміж відомих інструментів для збору метеорологічних даних, таких як термометри, барометри, гігрометри, та інші, існують і більш складні та сучасні методи. З появою супутникової кліматології стало можливим отримання метеорологічної інформації для значно більшої площі та вимірювання погодних умов у верхніх шарах атмосфери. Такі інструменти, як радіозонди, супутники та радари, допомагають у зборі даних про верхній шар атмосфери.

Радіозонди – це прилади, які піднімаються в повітря повітряним кулем, як показано на рисунку 1.2, і мають радіотрансляційні можливості. Вони містять сенсори, які здатні проводити прямі вимірювання тиску, температури і вологого термометра до висоти приблизно 30 км. Спостережені дані негайно передаються на земну станцію за допомогою радіопередавача, розташованого в механізмі приладу. Антена на землі відстежує рухи радіозонди, і здійснюються вимірювання. Радіозонди подібні до радіозонд, але вони надають швидкість і напрям вітру на різних висотах на основі радіолокаційного відстеження. Це через те, що повітряний куль наповнюється воднем і випускається з металевою

мішенню для відбиття радіолокаційних сигналів. Таким чином, крім підйому, куль також дрейфує горизонтально відповідно до швидкості вітру. Як літаки, так і супутники використовуються для отримання зображень атмосфери Землі на різних рівнях.



Рисунко 1.2 – Метеорологічний зонд

Супутники, з іншого боку, є двох типів, в основному геостаціонарними та полярними орбітальними супутниками, які важливі для отримання зображень і запису атмосферних даних. Геостаціонарні супутники, завдяки надзвичайно великим висотам (близько 36 000 км), можуть робити знімки значно більшої площі порівняно з полярними супутниками. Полярні супутники, завдяки низьким висотам (близько 800 км), здатні реєструвати дрібні атмосферні деталі в порівняно менших областях, таких як хмарність, водяна пара тощо. З супутниками пов'язано два типи сенсорів. Один - це звуковий датчик, а інший - зображувальний датчик. Прикладом звукового датчика є AVHRR (розширений дуже високий датчик роздільної здатності), який надає корисну інформацію.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

1.2.1 Наукові підходи до прогнозування погоди

Прогнозування погоди стало важливою галуззю також і наукових досліджень за останні кілька десятиліть. У більшості випадків дослідники намагалися встановити лінійний зв'язок між вхідними даними про погоду та відповідними цільовими даними. Однак, з відкриттям нелінійності в природі погодних даних, увага змістилася до нелінійного прогнозування погодних даних. Хоча існує багато літератури з нелінійної статистики для прогнозування погоди, більшість з них вимагають, щоб нелінійна модель була визначена до початку оцінювання. Тому автори роботи [1] запропонували використовувати для прогнозування погоди алгоритми штучних нейронних мереж, що дозволило створити нелінійні моделі прогнозування. Експерименти проводились на основі різних функцій передачі, прихованих шарів і нейронів для прогнозування максимальної температури протягом 365 днів на рік.

У роботі [2] пропонується техніка прогнозування погоди, у якій для прогнозування використовуються машинні алгоритми, такі як Gradient Boosting Decision Tree, Random Forest, Naive Bayes Bernoulli та KNN Algorithm. У роботі проведено порівняльний аналіз методів ансамблю для покращення точності прогнозу. Експериментальна оцінка показала, що запропонована техніка досягає 95% точності прогнозу, при цьому прогнозування для 1000 вузлів займає менше 10 секунд, а для 5000 вузлів – менше 40 секунд.

Запропонована модель у дослідженні [3] поєднує чисельне прогнозування погоди (NWP) з історичними даними для прогнозування погоди. У дослідженні використовується глибоке навчання під назвою модель глибокої кількісної оцінки невизначеності (UQM) і оптимізується її продуктивність за допомогою функції втрат, що базується на похибці негативного логарифмічного правдоподібності (NLE). Дані попередньо обробляються. Спочатку записи з повністю відсутніми даними видаляються, в інших випадках для введення відсутніх даних використовується лінійна інтерполяція. Неперервні ознаки нормалізуються за допомогою нормалізації мінімум-максимум у діапазон [0, 1].

					КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Категорійні дані кодуються шляхом вбудовування. У запропонованій моделі використовуються три погодні характеристики: температура і відносна вологість на висоті 2 метри та вітер на висоті 10 метрів.

1.2.2 Відомі IoT системи моніторингу та прогнозу погоди

У роботі [4] запропоновано систему моніторингу погоди на основі IoT з використанням платформи Blynk IoT, яка передбачає використання датчиків та інших підключених пристроїв для збору метеорологічних даних, а також платформи Blynk IoT для передачі та управління даними (рисунок 1.3).

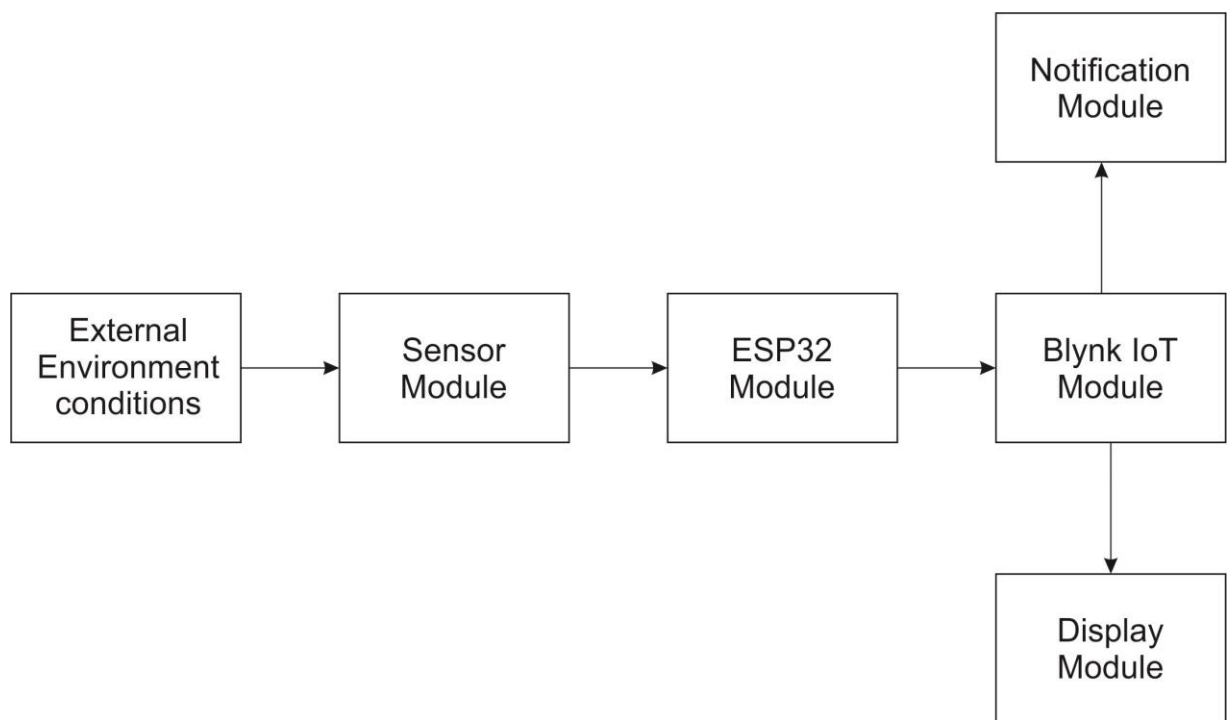


Рисунок 1.3 – Архітектура системи [4]

Датчики та інші підключені пристрої встановлені в зоні моніторингу та отримують метеорологічні дані. Це можуть бути датчики температури, вологості, швидкості вітру та інші пристрої, які можуть збирати метеорологічні дані. Датчики та пристрої підключені до Інтернету, або безпосередньо, або через шлюз, і будуть налаштовані на відправку своїх даних на платформу Blynk IoT.

Платформа Blynk IoT отримуватиме дані від датчиків та пристроїв і зберігатиме їх в базі даних для майбутнього використання.

Ще одна IoT система запропоновано у роботі [5]. В основі даної системи використано два різних датчики: датчик температури та вологості (DHT11) і датчик атмосферного тиску (BMP180). Одиницею обробки даних є мікроконтролер Arduino Uno, який є вбудованою платформою з низькими витратами (рисунок 1.4). Дані можуть бути записані та проаналізовані на персональному комп'ютері або на простому мобільному телефоні на базі Android з встановленою програмою Arduino. Зібрані дані з усіх датчиків відображаються на OLED дисплеї, який підключений до виходу мікроконтролера. Для передачі даних з Arduino Uno на хмарну платформу Thing-Speak використовується модуль Wi-Fi ESP8266.

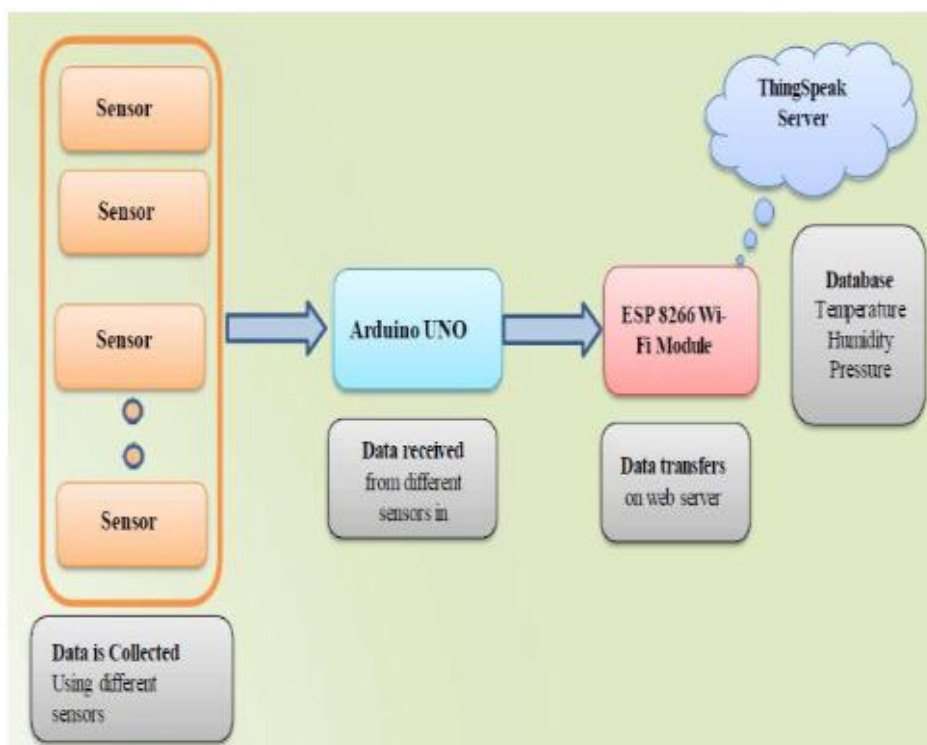


Рисунок 1.4 – Пропонована архітектура системи [5]

У роботі [6] запропоновано ще один проект для моніторингу атмосферних показників. Представлений аторами проект моніторингу погоди побудований на основі одноплтаної комп'ютерної системи Raspberry Pi (рисунок 1.5). Крім

того до складу представленого рішення входять такі компоненти як блок живлення, погодні датчиків, цифровий контролер, пристрій виводу та віддаленого сервера. Блок живлення складається з випрямляча і регулятора напруги. Цей блок відповідає за подачу стабільного сигналу 5V DC на всі пристрої з живленням постійного струму в проєкті.

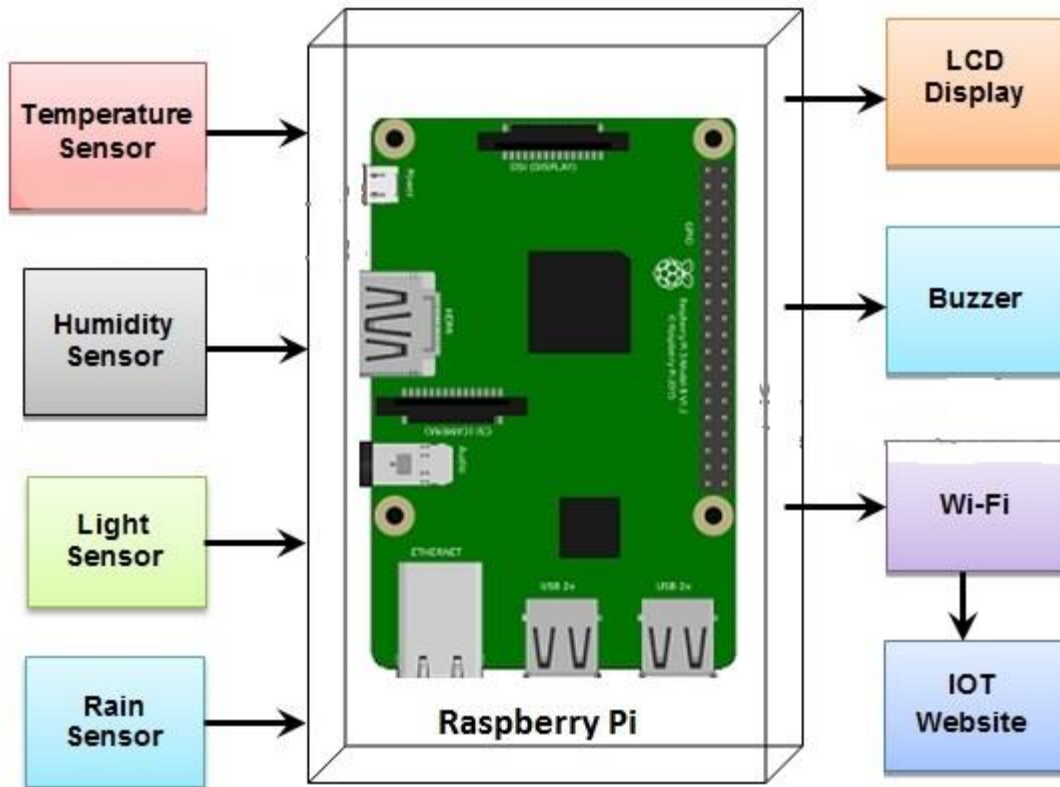


Рисунок 1.5 – Пропонована архітектура системи [6]

Проєкт має чотири різні датчики, які збирають значення освітленості, температури, вологості та дощу з атмосфери. Ці значення датчиків безперервно передаються в цифровий контролер. В якості цифрового контролера в проєкті використовується одноплатний комп'ютер Raspberry Pi з вбудованим WiFi. Контролер Raspberry Pi зберігає та обробляє дані з датчиків і відправляє їх на віддалений веб-сервер за допомогою протоколів IoT зв'язку. Значення датчиків в режимі реального часу також відображаються на екрані LCD. Таким чином, зібрані дані можуть бути контрольовані як локально, так і віддалено. На стороні веб-сервера розроблений графічний інтерфейс користувача для

належної візуалізації погодних даних у табличному або графічному форматі. Система також містить сигналізацію, яка вмикається, коли будь-який з погодних параметрів перевищує заданий рівень. Запропонований авторами проект з підтримкою IoT дозволяє відповідним органам збирати погодні дані з різних місцевостей, контролювати їх з центральної диспетчерської та розробляти відповідні плани та політики.

Одним із перспективних напрямків прогнозування погодних умов є залучення кіберфізичних систем. Це обумовлено в першу чергу значним зростанням потреб в точних і своєчасних метеорологічних даних. У сучасному світі, де погодні умови можуть суттєво впливати на різні галузі, такі як сільське господарство, транспорт, енергетика та навіть національна безпека, надійний прогноз погоди стає критично важливим. Кіберфізичні системи (КФС) поєднують обчислювальні потужності з фізичними процесами, створюючи інтегровані рішення, які можуть забезпечити більш високий рівень точності і надійності у порівнянні з традиційними методами. Використання сенсорних мереж, потужних алгоритмів обробки даних та сучасних методів машинного навчання дозволяє КФС оперативно реагувати на зміни в атмосферних умовах та надавати прогнози в реальному часі.

Основними перевагами кіберфізичних систем для прогнозування погоди є:

- точність, КФС здатні збирати та обробляти великі обсяги даних з різних джерел, що дозволяє створювати більш точні моделі прогнозування;
- реальний час, завдяки безперервному збору даних і їхній оперативній обробці, можна надавати прогнози в реальному часі, що є надзвичайно важливим для своєчасного прийняття рішень;
- масштабованість, КФС можуть бути легко розширені для охоплення великих територій або інтеграції нових датчиків і технологій;
- надійність, високий рівень інтеграції між фізичними та обчислювальними компонентами забезпечує високу надійність та стійкість до збоїв.

					КвРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, розробка та впровадження кіберфізичної системи для прогнозування погоди є актуальним і важливим завданням, яке сприятиме підвищенню ефективності управління ресурсами, зменшенню ризиків, пов'язаних з несприятливими погодними умовами, і забезпеченню більш високого рівня безпеки та комфорту в різних сферах людської діяльності.

1.3 Висновки. Постановка задачі

Актуальність розробки кіберфізичної системи для прогнозування погоди обумовлена значним зростанням потреби в точних і своєчасних метеорологічних даних. У сучасному світі, де погодні умови можуть суттєво впливати на різні галузі, такі як сільське господарство, транспорт, охорона здоров'я, енергетика та навіть національна безпека, надійний прогноз погоди стає критично важливим. Для проєктування та розробки кіберфізичної системи прогнозу погоди слід виконати наступні кроки:

- 1) дослідити принципи функціонування кіберфізичних систем та проаналізувати відомі рішення прогнозування погоди;
- 2) сформулювати та описати вимоги до кіберфізичної системи прогнозу погоди;
- 3) спроектувати структуру кіберфізичної системи прогнозу погоди, здійснити вибір апаратних та програмних компонентів;
- 4) розробити схеми монтажну та електричну клієнтської частини кіберфізичної системи;
- 5) реалізувати алгоритми прогнозування погоди для кіберфізичної системи;
- 6) виконати оцінку спроектованого рішення.

2 ПРОЕКТУВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУ ПОГОДИ

2.1 Вимоги до кіберфізичної системи для короткострокового прогнозу погоди

Проектування систем і складання вимог є ключовими етапами в розробці будь-якого інженерного проекту. Після складання вимог вони повинні бути перевірені та підтвержені, щоб забезпечити їхню правильність та повноту. Валідація стосується впевненості, що система відповідає потребам та очікуванням користувачів, тоді як верифікація перевіряє, чи відповідає система встановленим вимогам.

На початку проектування кіберфізичної системи прогнозу погоди було поставлені наступні вимоги:

– реалізація короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу: кіберфізична система повинна мати можливість передбачати погодні умови на найближчу добу на основі наявних метеорологічних даних та аналізу їхнього розвитку;

– реалізація моніторингу в режимі реального часу рівня температури та вологості повітря, атмосферного тиску, а також швидкості вітру: кіберфізична система повинна здійснювати постійний моніторинг в реальному часі рівнів температури, вологості повітря, атмосферного тиску та швидкості вітру для забезпечення актуальної інформації;

– реалізація візуалізації даних про температуру, вологість та атмосферний тиск у вигляді динамічних графіків: кіберфізична система повинна мати можливість візуалізувати отримані дані про температуру, вологість та атмосферний тиск у формі динамічних графіків для зручного аналізу та сприйняття користувачем.

В якості додаткових вимог визначимо наступні очікувані можливості системи: масштабованість (розширюваність під моніторинг та візуалізацію

					КвРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

інших метеорологічних показників), інтегрованість (здатність проектованої системи бути частиною більш складніших систем) та зручність користування.

2.2 Структура та принцип функціонування кіберфізичної системи прогнозу погоди

Кіберфізична система прогнозу погоди складається з апаратної та програмної складових, що взаємодіють для збору, аналізу та передачі даних про погодні умови. Структура такої системи включає в себе наступні компоненти:

- датчики температури, вологості, атмосферного тиску та швидкості вітру, які збирають дані про погоду в реальному часі;

- мікроконтролер – програмований пристрій, який використовується для збору даних із датчиків та взаємодії із комп'ютерною системою. обробляють дані з датчиків та керують виконанням різних завдань, таких як збір даних, аналіз та передача інформації;

- комп'ютерна система використовується для аналізу даних, отриманих від мікроконтролера. Функціонує як головний пристрій обробки даних. Програмна складова комп'ютерної системи включає середовище node red та брокер для обміну повідомленнями MQTT. Комп'ютерна система реалізує користувацький інтерфейс у вигляді інформаційних панелей, які дозволяють користувачам переглядати інформацію про погоду та можливість управління системою.

Принцип функціонування такої системи полягає в зборі даних про погоду за допомогою датчиків із керуванням за допомогою мікроконтролера. Далі отримані дані передаються для подальшого аналізу на комп'ютерну систему. Комп'ютерна система реалізує алгоритми отримання та опрацювання даних, на основі яких, здійснюється прогноз погоди та відображення поточних метеорологічних показників (температури, вологості, атмосферного тиску та

швидкості вітру). Структуру кіберфізичної системи прогнозу погоди наведено на рисунку 2.1.

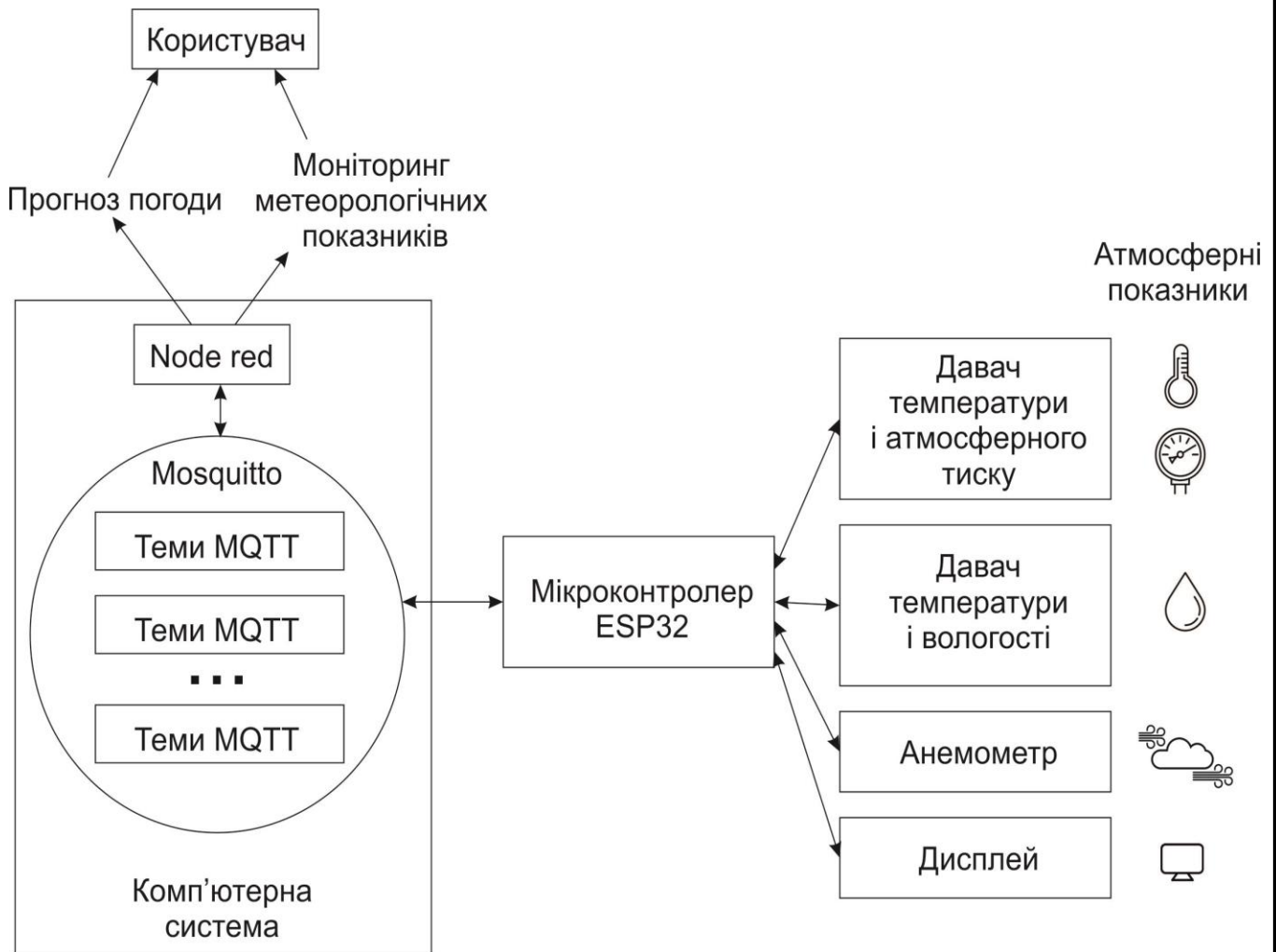


Рисунок 2.1 – Структура кіберфізичної системи прогнозу погоди

Основним середовищем взаємодії між мікроконтролерною системою ESP32 та комп'ютерною системою є радіоканал Wi-Fi. Передача повідомлень відбувається за допомогою протоколу MQTT, що функціонує за моделлю публікація-підписка. Даний шаблон дозволяє реалізувати механізм, при якому мікроконтролер ESP32, оснащений різними датчиками, збирає дані про погоду та публікує їх на MQTT-брокер. Комп'ютерна система або інші пристрої, підписані на відповідні теми, отримують ці дані в режимі реального часу. Таке рішення забезпечує:

– ефективну передачу даних: Протокол MQTT використовує мінімальну пропускну здатність, що робить його ідеальним для роботи з пристроями з обмеженими ресурсами та нестабільними мережевими умовами;

– асиметричну взаємодію: Мікроконтролер ESP32 не потребує інформації про наявність або стан кінцевих отримувачів даних. Він просто публікує дані на брокері, а підписники отримують ці дані автоматично;

– гнучкість і масштабованість: Нова функціональність або пристрої можуть бути легко додані до системи шляхом підписки на нові теми або публікації нових повідомлень.

Завдяки цьому механізму, кіберфізична система для прогнозу погоди може ефективно обмінюватися даними між різними компонентами, забезпечуючи надійний та оперативний збір і аналіз інформації про погодні умови. Таким чином у даній кіберфізичній системі реалізовано дві теми /station/input та /station/wind. У першу тему публікуються дані про температуру, вологість та атмосферний тиск, що отриманні від відповідних давачів. Зацікавленою стороною виступає комп'ютерна система. Ще однією темою є /station/wind у яку публікується дані про швидкість вітру.

2.3 Вибір апаратних засобів

Відповідно до запропонованої структури кіберфізичної системи прогнозу погоди основними компонентами на стороні клієнта є мікроконтролерна система, давачі вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску, анемометр для вимірювання швидкості вітру, а також дисплей для відображення поточних метеорологічних показників. На стороні сервера було використано персональний комп'ютер із встановленим на ньому MQTT брокера mosquitto.

Розглянемо детальніше аналі обраних апаратних рішень для клієнтської частини кіберфізичної системи прогнозу погоди.

Головним вузлом на клієнтській частині є мікроконтролерна плата. Найпоширенішими рішеннями є мікроконтролерні плати від Espressif, зокрема ESP32 та ESP8266. Було проаналізовано основні відмінності між цими двома платами.

Мікроконтролерна система ESP32 додає додаткове ядро CPU, швидший Wi-Fi, більше GPIO та підтримку Bluetooth 4.2 та Bluetooth low energy. Крім того, ESP32 має сенсорні контакти, які можна використовувати для пробудження ESP32 з глибокого сну, а також вбудований датчик Холла.

Стосовно вартості, то обидві плати є дешевими, але ESP32 трохи дорожча. В той час як ESP32 може коштувати від \$6 до \$12, ESP8266 може коштувати від \$4 до \$6 (в залежності від місця покупки).

Таким чином, узагальнюючи:

- ESP32 швидше, ніж ESP8266;
- ESP32 має більше GPIO з кількома функціями;
- ESP32 підтримує аналогові виміри на 18 каналах (піни з аналоговим входом), порівняно з одним лише 10-бітним ADC-виходом на ESP8266;
- ESP32 підтримує Bluetooth, в той час як ESP8266 ні;
- ESP32 - двоядерний (більшість моделей), а ESP8266 - одноядерний;
- ESP32 трохи дорожча, ніж ESP8266.

Таким чином з огляду на досить значну перевагу у продуктивності та вбудовані можливості було для реалізації прототипу кіберфізичної системи прогнозування погоди було обрано мікроконтролерну плату ESP-Wroom-32 (рисунок 2.2). Розширені периферійні інтерфейси включають GPIO, ADC, DAC, PWM, I2C, UART.

Загалом мікроконтролерна система ESP-Wroom-32 має 32 багатофункціональні GPIO контакти, які можна використовувати для пристроїв введення/виведення. Кожен пін GPIO може бути налаштований із використанням внутрішнього підтягуючого або стягуючого резистора, або встановлений у високоомний режим. Вхід також може бути налаштований на спрацьовування за фронтами або спадом для генерування переривань CPU.

Варто відзначити, що контакти GPIO34, GPIO35, GPIO36 та GPIO39 є тільки пінами для введення.

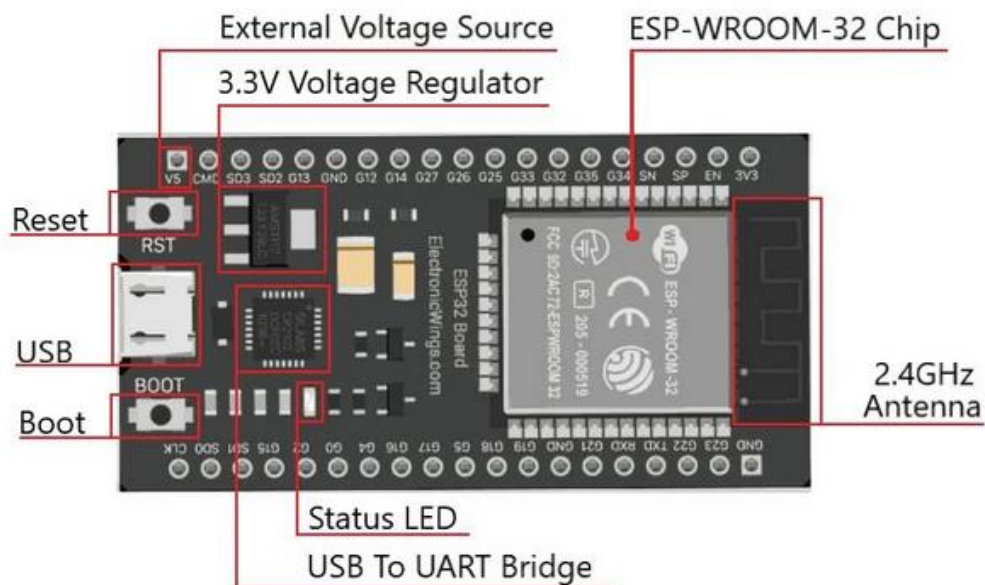


Рисунок 2.2 – Мікроконтролерна плата ESP32

На мікросхемі ESP32 є 12-бітні ADC (Аналого-цифрові перетворювачі) типу SAR (Successive Approximation Registers), які підтримують вимірювання на 16 каналах ESP32.

На мікросхемі є два 8-бітних канали DAC (Цифрово-аналогові перетворювачі) для генерації цифрових сигналів у вигляді аналогових вихідних напруг. Обидва канали DAC також підтримують незалежні конверсії.

Також ESP32 підтримує 8-бітний 32-канальний PWM (pulse-width modulation). Піни з символом '~' позначають підтримку PWM. Це може бути використано для затемнення світлодіодів або керування моторами тощо (рисунок 2.3).

ESP32 має 10 сенсорних GPIO для виявлення фізичного дотику людським тілом. Ця техніка може замінити механічні кнопки та перемикачі, щоб уникнути їхнього механічного зношування.

З метою вимірювання температури та вологості було обрано давач із серії DHT. Дані давачі є дуже простими, але добре підходять для проектів, у яких потрібно реалізувати базову реєстрацію даних. Давачі DHT складаються із двох частин: ємнісного датчика вологості та термістора. Усередині також є проста мікросхема, яка виконує аналого-цифрове перетворення та видає цифровий сигнал із температурою та вологістю. Цифровий сигнал досить легко читати за допомогою будь-якого мікроконтролера.

На ринку є дві версії датчика DHT – DHT11 та DHT22 (рисунок 2.4), вони дещо схожі на вигляд, але мають різні характеристики.

Основними характеристиками давача DHT11 є:

- низька вартість;
- живлення від 3 до 5 В і введення/виведення;
- максимальне використання струму 2,5 мА під час перетворення (під час запиту даних);
- добре підходить для вимірювання вологості 20-80% з точністю 5%;
- добре підходить для вимірювання температури 0-50°C з точністю $\pm 2^\circ\text{C}$;
- частота дискретизації не більше 1 Гц (раз на секунду);
- розмір корпусу 15,5 мм x 12 мм x 5,5 мм 4 штирі з відстанню 0,1 дюйма

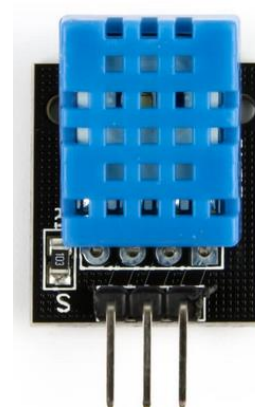
основними характеристиками давача DHT22 є:

- низька вартість;
- живлення від 3 до 5 В;
- максимальне використання струму 2,5 мА під час перетворення (під час запиту даних);
- добре підходить для вимірювання вологості 0-100% з точністю 2-5%;
- підходить для вимірювання температури від -40 до 80°C з точністю $\pm 0,5^\circ\text{C}$;
- частота дискретизації не більше 0,5 Гц (раз на 2 секунди);
- розмір корпусу 15,1 мм x 25 мм x 7,7 мм 4 штирі з відстанню 0,1 дюйма.

Таким чином, хоча обидва датчики мають прийнятну вартість і споживання енергії, DHT22 забезпечує точніші вимірювання, що важливо для точного прогнозу погоди і моніторингу умов середовища. Його також можна використовувати в більш широкому діапазоні умов, від -40 до 80°C , що робить його більш універсальним для різних застосувань. Тому для даної кіберфізичної системи прогнозу погоди було обрано датчик DHT22 (модуль даного датчика).



а)



б)

Рисунок 2.4 – Датчики серії DHT: а) модуль датчика DHT11, б) модуль датчика DHT22

З метою вимірювання атмосферного тиску (також має функцію вимірювання температури) було використано датчик BMP280 від DFRobot, що підтримує кодове керування за допомогою Arduino (рисунок 2.5). Розміщений у надзвичайно компактному корпусі, BMP280 базується на перевірених п'єзорезистивній технології датчика тиску Bosch, яка має високу надійність ЕМО, високу точність і лінійність, а також тривалу стабільність. Численні параметри роботи пристрою пропонують найвищу гнучкість для оптимізації пристрою щодо енергоспоживання, роздільної здатності та продуктивності фільтра. Барометричні датчики зазвичай використовуються для вимірювання барометричного тиску та температури. Але крім цього, вони також можуть вимірювати висоту над рівнем моря та відносну висоту підлоги через те, що

існує певний зв'язок між висотою та барометричним тиском. Що стосується навігації, датчик барометричного тиску можна використовувати для покращення позиціонування GPS або реалізації 3D-навігації в приміщенні за допомогою датчика IMU.

Основними характеристиками датчика BMP280 є:

- робоча напруга: 3,3 В-5,5 В;
- діапазон вимірювання тиску: 300~1100 гПа;
- відносна точність: $\pm 0,12$ гПа (± 1 м);
- абсолютна точність: ± 1 гПа ($\pm 8,33$ м);
- діапазон вимірювання температури: 0°C ~ 65°C ;
- точність вимірювання температури: $0,01^{\circ}\text{C}$;
- розмір корпусу: 18x11,5 мм/0,71x0,45 дюйма;
- розташування монтажного отвору: 13 мм;
- розмір монтажного отвору: внутрішній діаметр 2 мм/зовнішній діаметр 3,7 мм.

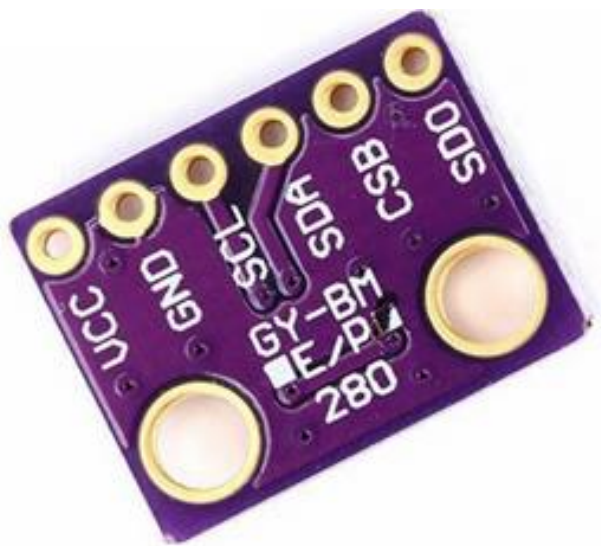


Рисунок 2.5 – Датчик BMP280

Також в проектованій кіберфізичній системі є анемометр. Анемометр – це прилад, який використовується для вимірювання швидкості та напрямку вітру. Він широко використовується для вимірювання швидкості повітряного потоку

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

в атмосфері, в аеродинамічних трубах та в інших застосуваннях газових потоків. Найбільш широко використовуваним анемометром для вимірювання швидкості вітру є електричний анемометр з обертовою чашкою. Чашки, що обертаються, приводять в дію електричний генератор. На виході генератора працює електрочисельник, який відкалібрований за швидкістю вітру. Тричашкові анемометри наразі використовуються як промисловий стандарт для досліджень і практики оцінки вітрових ресурсів. Чашковий анемометр складається з 3 або 4 напівсферичних чашок, закріплених на горизонтальних плечах, які були закріплені на вертикальному валу. Потік повітря повз чашки в будь-якому горизонтальному напрямку повертає вал зі швидкістю, яка була приблизно пропорційна швидкості вітру. Таким чином, підрахунок обертів вала протягом встановленого інтервалу часу дає значення, пропорційне середній швидкості вітру для широкого діапазону швидкостей.

Для даного проєкту було обрано датчик анемометра Adafruit – тричашковий анемометр, який здатний вимірювати швидкість вітру до 70 м/с або 156 миль/год. Він складається з оболонки, вітрової чаші та модуля схеми (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Датчик анемометра Adafruit

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Датчик поставляється з 3-жильними кабелями і трьома з'єднаннями. Чорний контакт для живлення та заземлення сигналу, коричневий контакт для живлення, яке може бути від 7 до 24 В постійного струму, і третій синій контакт забезпечує вимірювання через аналогову напругу. Вихідна аналогова напруга коливатиметься від значення 0,4 В (вітер 0 м/с) до 2,0 В (для вітру 32,4 м/с).

Основними характеристиками датчика анемометра Adafruit є:

- напруга живлення: 7-24 В постійного струму;
- вихідна напруга: від 0,4 до 2 В;
- діапазон тестування: від 0,5 м/с до 50 м/с;
- початкова швидкість вітру: 0,2 м/с;
- роздільна здатність: 0,1 м/с;
- точність: у найгіршому випадку 1 метр/с;
- максимальна швидкість вітру: 70 м/с;
- призначення контактів: контакт 1 – коричневий контакт живлення, чорний контакт земля, синій контакт сигнал.

Для відображення поточної інформації про метеорологічні показники залучено LCD I2C 16x2 дисплей (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – I2C 16x2 дисплей

Даний дисплей для роботи по I2C використовує додатковий адаптер, який дозволяє значно спростити підключення та комунікацію з мікроконтролером

ESP32. Адаптер перетворює паралельний інтерфейс дисплея на послідовний I2C, що зменшує кількість необхідних з'єднань з мікроконтролером та полегшує інтеграцію в схему. Завдяки цьому адаптеру, дисплей займає лише два пінів (SCL і SDA), що звільняє інші піни для підключення додаткових датчиків і пристроїв. LCD модуль має розмір матриці 2×16 символів із синім підсвічуванням та використовує інтерфейс I2C для зв'язку з головним мікроконтролером.

Даний дисплей є бюджетним екраном, який використовується в проектах, які потребують відображення тексту, даних або символів ASCII усіх типів. Підключення здійснюється через чотири контакти: Vcc (живлення), Gnd (заземлення), SDA (послідовна лінія даних) і SCL (послідовна лінія синхронізації). Це пристрій на 5 В постійного струму, який можна знайти на шині I2C за адресою 0x27 / 0x3F.

Основними характеристиками I2C 16x2 дисплей є:

- напруга живлення: 3.3В/5В;
- інтерфейс зв'язку: I2C;
- тип екрану: LCD екран;
- контролер: AiP31068L;
- розміри дисплея: 64.5 x 16.0 мм;
- загальні розміри: 87.0 x 32.0 x 13.0 мм;
- робочий струм: 26 мА (5В), 13 мА (3.3В).

2.4 Схема електрична принципова

Важливою частиною проектування прогармно-технічних пристроїв є складання схеми електричної принципової. Схема електрична принципова – це візуальне зображення електричного кола, яке показує зв'язки між різними компонентами і елементами системи. Вона дозволяє розуміти, як працює система на рівні сигналів і електричних з'єднань, без врахування конкретних деталей та конфігурації фізичного монтажу. Схеми електричні принципові широко

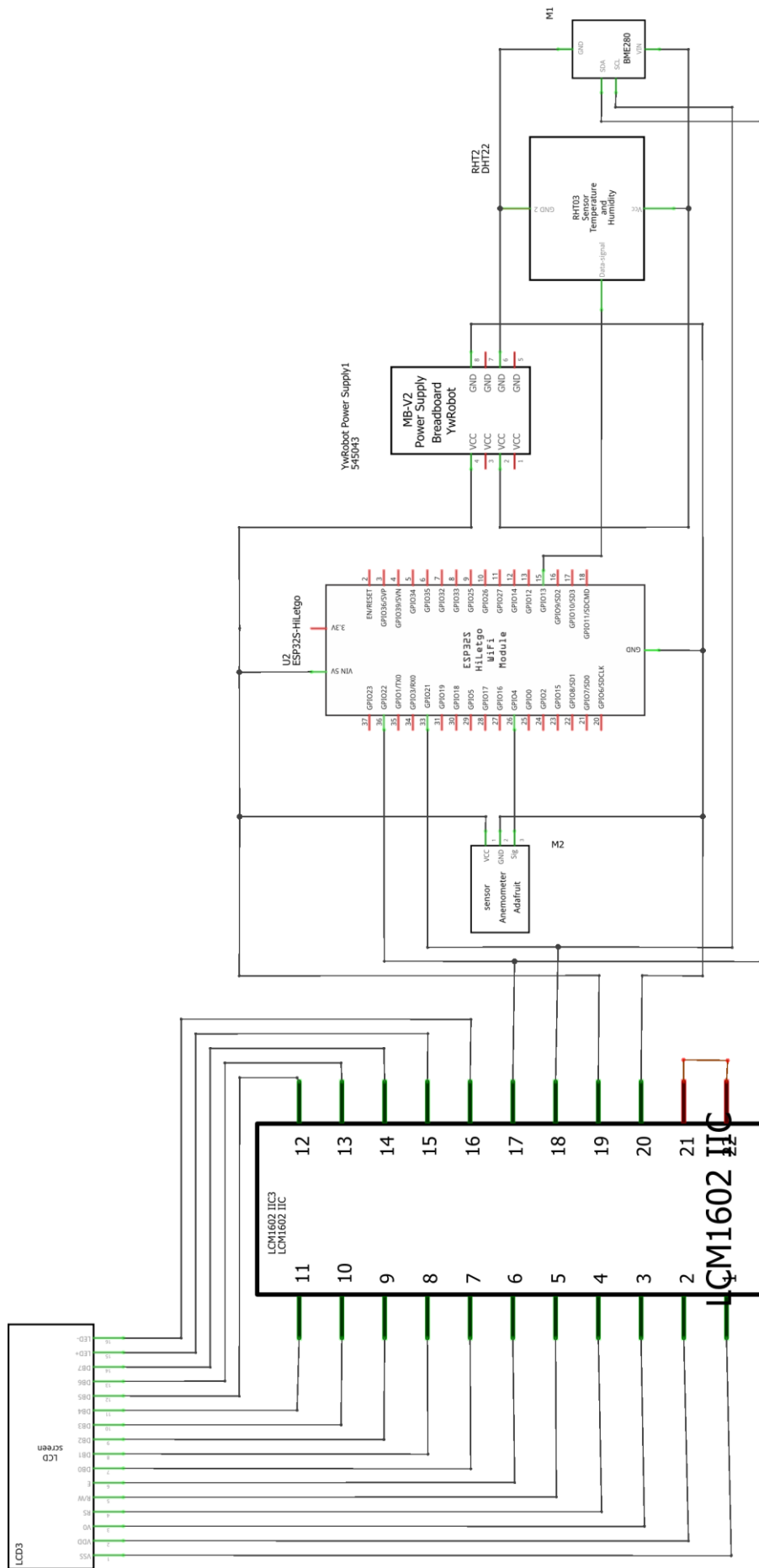
використовуються для проектування та аналізу електронних систем, включаючи кіберфізичні системи, промислові автоматизовані системи, електроніку для бортового устаткування, тощо.

До складу проєктованої кіберфізичної системи прогнозу погоди включено наступні апаратні компоненти: мікроконтролерна система ESP32, I2C LCD дисплей, давач вологості і температури DHT22, давач вимірювання атмосферного тиску BMP280, модуль живлення для макетної плати MB-102 (5V / 3.3V) та анемометр. Вибір компонентів здійснювався із врахуванням їхньої модульності, що передбачало наявність готових схемотехнічних рішень без додавання додаткових елементів. Наприклад у модулі живлення для макетної плати MB-102 вже інтегровано елменти, що забезпечують перемикання напруги, що включають резистори, діоди, а також фільтри для захисту від перенапруги, короткого замикання тощо.

Модуль живлення для макетної плати MB-102 забезпечує живлення всієї системи кіберфізичної системи прогнозу погоди. Його можливість перемикання напруги між 5V та 3.3V надає гнучкість для живлення різних пристроїв з різними вимогами до напруги, оскільки в складі проєктованої системи доступні пристрої із різнимим напругами живлення. Зокрема напругою 5 В заживлено мікроконтролерну систему ESP32, анемометр та I2C LCD дисплей. Також напруга номіналом 3.3 В задіяну для живлення давачів DHT22 та BMP280.

Також варто відзначити, що системі задіяно I2C адаптер для LCD дисплею. Даний модуль використано з метою забезпечення зручного та ефективного способу підключення LCD дисплею до мікроконтролера ESP32 за допомогою інтерфейсу I2C. Це дозволяє спростити процес комунікації з дисплеєм, зменшити кількість потрібних проводів для підключення, а також звільнити GPIO піни мікроконтролера для інших задач.

На рисунку 2.8 представлена схема електрична принципова для проєктованої кіберфізичної системи прогнозу погоди.



fritzing

Рисунок 2.8 – Схема електрична принципова

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ

Арк.
37

2.5 Монтажна схема проектованого програмно-технічного пристрою

Монтажна схема - це візуальне зображення способу підключення електричних компонентів у пристрої або системі. Вона показує фізичні зв'язки між компонентами, що дозволяє зрозуміти, як вони взаємодіють між собою та з якими іншими елементами системи. Це важливий інструмент для розробки, монтажу та обслуговування електричних пристроїв.

Створення монтажної схеми клієнтської частини кіберфізичної системи здійснювалось у програмному забезпеченні Fritzing. Для живлення всієї схеми використано модуль МВ-102. Центральним вузлом, до якого здійснювалось підключення всіх датчиків та пристроїв є мікроконтролерна плата ESP32. Зокрема до входів GPIO 22 та GPIO 21 даного мікроконтролера було підключено датчик BMP280 та I2C LCD дисплей. Вибір даних пінів зумовлений необхідністю забезпечення можливості використання вбудованих можливостей ESP32 для комунікації з цифровими пристроями через протокол I2C. Додатково, пини GPIO 22 та GPIO 21 були обрані через їхню підтримку вбудованого I2C інтерфейсу ESP32, що спрощує підключення та взаємодію з підключеними пристроями. Зокрема у даному випадку пін GPIO 22 визначав сигнал SCL (відповідає за синхронізацію обміну даними між пристроями), а GPIO 21 – SDA (відповідає за передачу даних). Таким чином у даному випадку на шині I2C було організовано роботу двох пристроїв. Кожен пристрій на шині має свою унікальну 7-бітну адресу, за допомогою якої мікроконтролер може ідентифікувати, з яким пристроєм він спілкується. Коли мікроконтролер намагається взаємодіяти з пристроєм, він використовує цю адресу для відправки або отримання даних.

Окрім того до мікроконтролера ESP32 було під'єднано датчик температури DHT22 та анемометр. Датчик DHT22 було під'єднано до контакту GPIO 19, а анемометр – до GPIO 11.

Монтажну схему кіберфізичної системи прогнозу погоди представлено на рисунку 2.9.

					КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

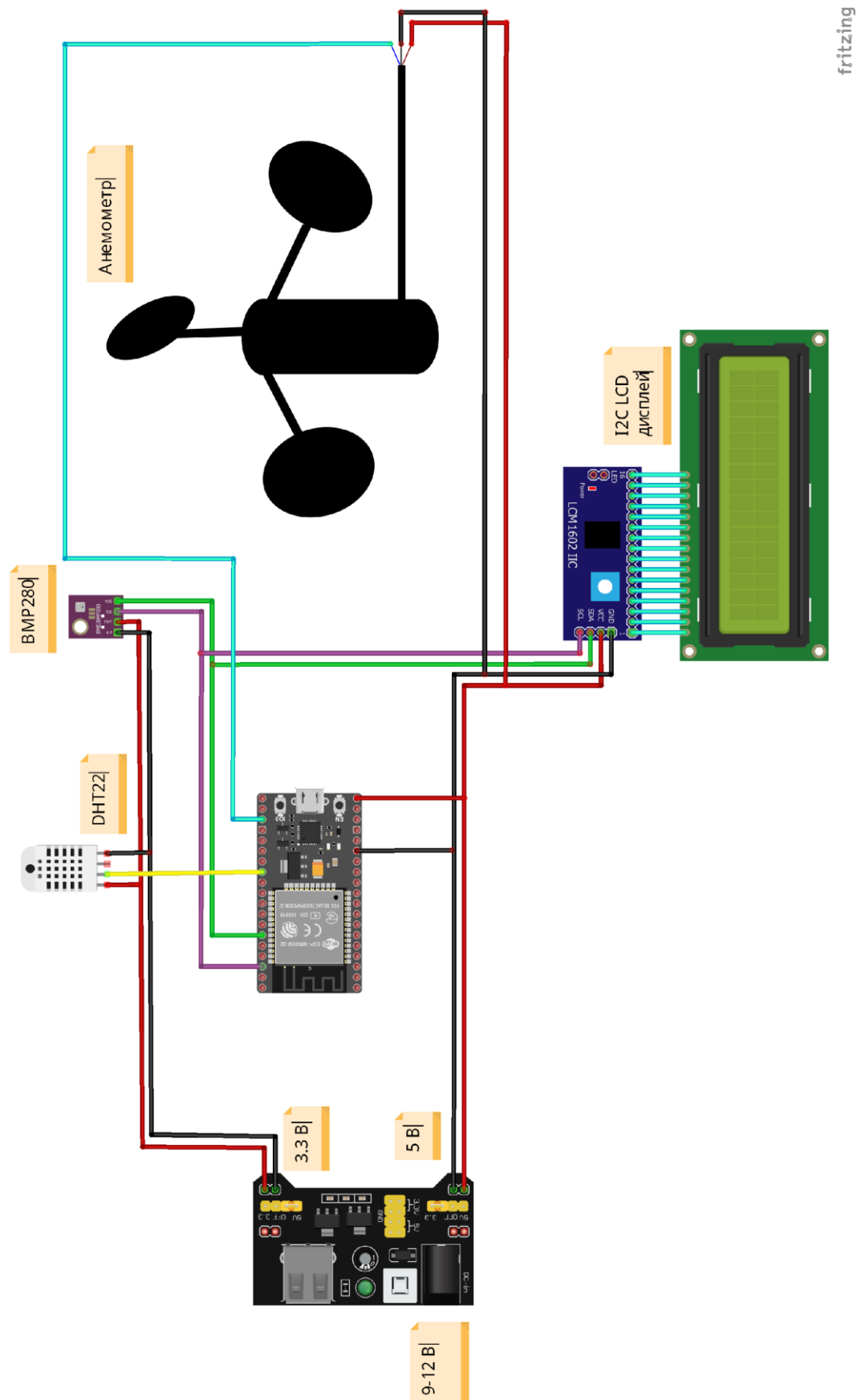


Рисунок 2.9 – Монтажна схема кіберфізичної системи прогнозу погоди (клієнтська частина)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

дану систему доступною для реалізації як в аматорських, так і в професійних проектах. Низька вартість дозволяє залучати цю систему для широкого спектру застосувань, від навчальних проектів до використання в домашніх умовах для особистого моніторингу погодних умов.

2.7 Висновки

Було запропоновано проект кіберфізичної системи прогнозу погоди. Сформовано вимоги, головні із яких включали: реалізацію короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу; реалізація моніторингу в режимі реального часу рівня температури та вологості повітря, атмосферного тиску, а також швидкості вітру; реалізація візуалізації даних про температуру, вологість та атмосферний тиск у вигляді динамічних графіків. Здійснено аналіз апаратних компонентів, проведено порівняння різних моделей апаратних компонентів. Спроектовано монтажну схему та електричну принципову. Здійснено наближений обрахунок вартості спроектованої кіберфізичної системи прогнозу погоди.

					КвРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОГНОЗУ ПОГОДИ

3.1 Налаштування та розгортання середовищ Node red та Arduino IDE

Реалізація програмної частини кіберфізичної системи прогнозу погоди включала написання програмного коду для прошивки мікроконтролера ESP32 та створення сценаріїв у вигляді потоків в середовищі node red. Середовище node red було встановлено на комп'ютерній системі, що виступала як сервер, який обробляв запити від ESP32. Для встановлення середовища node red на комп'ютерній системі під керуванням операційної системи Windows було виконано:

```
npm install -g --unsafe-perm node-red
```

Після чого запуск node red здійснювався за допомогою команди:

```
node-red
```

Після запуску, для роботи із node red у браузері було введено адресу <http://localhost:1880>.

Окрім того, на комп'ютерну систему було встановлено брокер mosquitto, який доступний 1883 порту.

Для здійснення прошивки мікроконтролера ESP32 було використано середовище Arduino. Arduino – це відкрите програмне забезпечення для розробки проектів електроніки. Використовується для створення і програмування різноманітних пристроїв і систем, включаючи робототехнічні, кіберфізичні та атоматизовані системи.

Початок роботи із мікроконтролером ESP32 у середовищі Arduino передбачає виконання наступних кроків.

Встановлення ESP32 в Arduino IDE:

– у меню обрати File -> Preferences;

– у полі Additional Board Manager URLs додати посилання:

https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json;

3.2 Реалізація програмної частини кіберфізичної системи для прогнозу погоди у середовищі Node red

З метою реалізації програмної частини кіберфізичної системи для прогнозу погоди було використано середовище візуального програмування на основі потоків Node red. Node-RED було обрано через його інтуїтивний і простий у використанні візуальний інтерфейс, за допомогою якого можна швидко створювати та відлагоджувати потоки даних. Node-RED має багату екосистему, а також має велику кількість готових модулів. Тому з огляду на дані властивості було обрано саме Node-RED для реалізації програмної частини проекту з прогнозування погоди.

Відповідно до поставлено завдання, програмна частина кіберфізичної системи для прогнозу погоди передбачала реалізацію двох основних функцій: здійснення короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу та здійснення моніторингу в режимі реального часу рівня температури та вологості повітря, атмосферного тиску, а також швидкості вітру із візуалізацією даних у формі графіка. Обидві функції були реалізовані у вигляді сценаріїв у середовищі Node red. Розглянемо їх детальніше.

3.2.1 Релізація функцій моніторингу та візуалізації значень температури, вологості та атмосферного тиску, а також здійснення короткострокового прогнозу погоди

З метою реалізації функції короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу було створено відповідний сценарій у середовищі Node red. Даний сценарій передбачав визначення прогнозу погоди на основі даних отриманих від ESP32. Запропонований алгоритм передбачав виконання наступної послідовності етапів: отримання даних про температуру, вологість та атмосферний тиск, встановлення глобального поточного значення атмосферного тиску, оновлення історичних даних про температуру, вологість та астмосферний

тиск, відображення цих даних на графіку, визначення зміни тренду атмосферного тиску та його значення, і врешті формування короткострокового прогнозу погоди. Блок-схему алгоритму короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу наведено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритму короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу

На початку роботи даного алгоритму здійснюється налаштування глобальних об'єктів. З цією метою було створено потік, який виконує опис структури даних можливих станів погоди. Для цього додано блок function із назвою weatherDescription та наступним вмістом:

```
const weatherDescription = {
  _GoodClearWeather: «Ясна погода»,
  _BecomingClearer: «Погода стає яснішою»,
  _NoChange: «Без змін»,
  _ClearSpells: «Періоди ясної погоди»,
  _ClearingWithin12hrs: «Очікується прояснення протягом 12 годин»,
  _ClearingAndColder: «Очікується прояснення та похолодання»,
  _GettingWarmer: «Температура підіймається»,
  _WarmerIn2daysRainLikely: «Тепліше за два дні, ймовірний дощ»,
  _ExpectRain: «Очікується дощ»,
  _WarmerRainWithin36hrs: «Тепліше за 36 годин, дощ ймовірний»,
  _RainIn18hrs: «Дощ за 18 годин»,
  _RainHighWindsClearAndCool: «Дощ, сильний вітер, ясно та прохолодно»,
  _GalesHeavyRainSnowInWinter: «Шторм, сильний дощ, сніг взимку»
};
global.set(«weatherDescription», weatherDescription);
```

Також було додано ще один блок function із назвою weatherItem, що описує об'єкт, яким буде представлено точка метеорелогічних даних. Після чого було створено масив на 24 елементи, де кожна комірка відповідає кожній годині доби:

```
let weatherDescription = global.get(«weatherDescription»);
const weatherItem = {
  pressure: 0,
  temperature: 0,
  humidity: 0,
  weatherState: weatherDescription.NoChange,
};
```

```
global.set(«weatherRecords», Array(24).fill(weatherItem));
```

Даний потік представлено на рисунку 3.3.

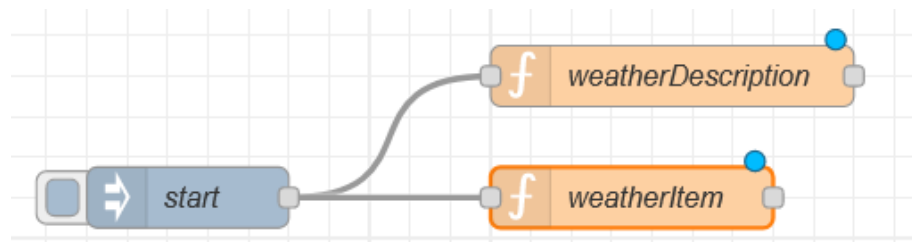


Рисунок 3.3 – Потік налаштування глобальних об’єктів

Основний потік реалізації функції короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу передбачав отримання метеорологічних даних шляхом підписки на тему /station/input (рисунок 3.4).

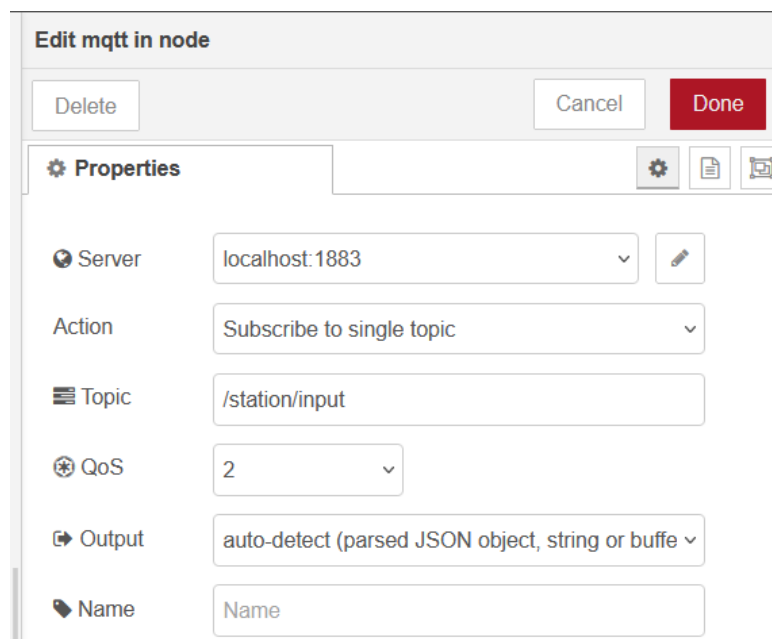


Рисунок 3.4 – MQTT In вузол підписки на тему /station/input

Дані, що надходять у дану тему представляють рядок, що розділений пробілами у формамі:

“temperature humidity pressure”

Дані із цієї теми отримують три вузли, що представляють function із назвами setCurrentPreassure, updateData та printGraph.

Вузол setCurrentPreassure використовується для встановлення глобального значення поточного атмосферного тиску. Дане значення атмосферного тиску використовуватиметься у функції визначення короткострокового прогнозу погоди. З цією метою спочатку здійснюється парсинг рядка на окремі числа та безпосереднє встановлення глобальної змінної:

```
let message = msg.payload;
let valuesArray = message.split(' ');
let data = [];
valuesArray.forEach(value => {
  let parsedValue = parseInt(value);
  data.push(parsedValue);
});
let currentPreassure = parseInt(data[2]);
global.set("currentPreassure", currentPreassure);
```

Ще одна функція, яка отримує дані із теми /station/input є updateData. Ця функція відповідає за оновлення масиву погодних записів на основі нових даних погоди, які надходять у вхідному повідомленні. Вона витягує дані з вхідного повідомлення про погоду (температура, вологість, тиск) та зсуває всі погодні записи у масиві вліво, а потім оновлює останній елемент масиву новими даними. Після цього відбувається збереження оновленого масиву у глобальній змінній для подальшого використання у потоці Node-RED.

Для відображення метеорологічних даних про температуру, вологість та атмосферний тиск на графіках використано вузол function із назвою printGraph. Дага функція отримує рядок повідомлення, який містить температуру, вологість та тиск, розділені пробілами. Виконує розбиття його на окремі значення і перетворює їх у числовий формат. Потім створює об'єкти для кожного з параметрів (температура, вологість, тиск), додаючи значення у властивість

payload та вказуючи тему для кожного параметра. Наприкінці, вона повертає масив об'єктів з обробленими даними температури, вологості та тиску. Таким чином кожний із об'єктів у масиві об'єктів буде мати властивість payload та topic. На основі даних властивостей буде виконано відображення графіків. Також варто відзначити, що даний блок мав один вхід та три виходи, що відповідатимуть кожному параметру (рисунок 3.5).

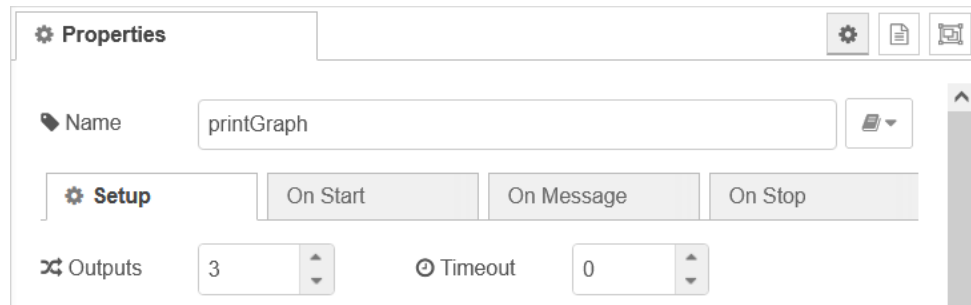


Рисунок 3.5 – Налаштування вузла function із назвою printGraph

З метою відображення динамічних графіків зміни температури, вологості та атмосферного тиску додано три вузли chart, що відповідали кожному із цих параметрів. Для кожного вула були задані максимальна та мінімальна межа осей та інші параметри відображення. Частина потоку, що реалізує відображення графіків наведена на рисунку 3.6.

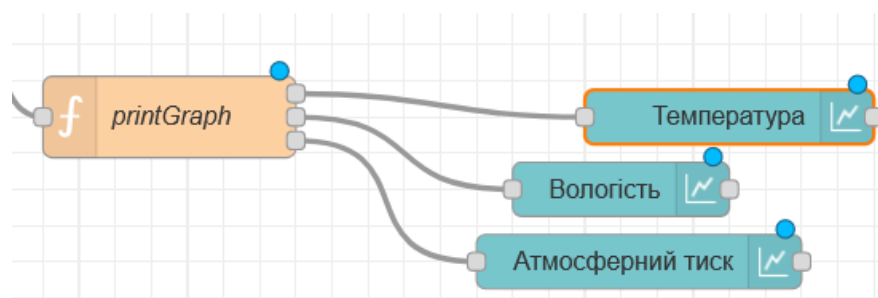


Рисунок 3.6 – Частина потоку, що реалізує відображення графіків

Для відображення короткострокового прогнозу погоди, а також графіків зміни температури, вологості та атмосферного тиску було додано нову розмітку (layout), шаблон якої наведено на рисунку 3.7.

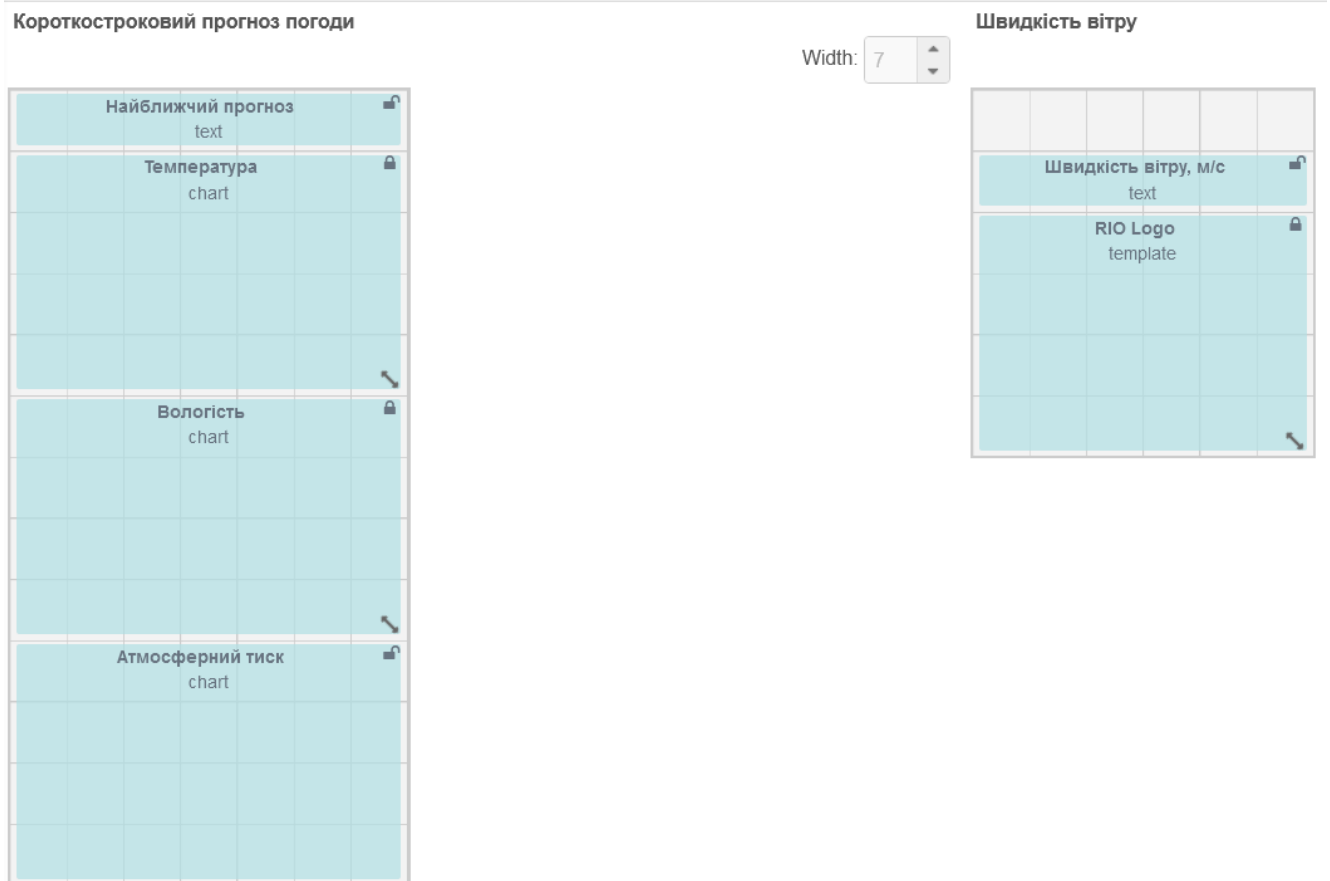


Рисунок 3.7 – Налаштування розмітки для графічних віджетів

З метою визначення короткострокового прогнозу погоди було додано вузол function із іменем calculateTrend. Дана функція виконує зчитування останніх двох записів про атмосферний тиск із масиву weatherRecords та виконує їх різницю.

```
var weatherRecords = global.get("weatherRecords");
msg.payload = weatherRecords[23].pressure - weatherRecords[22].pressure;
return msg;
```

Вихід даної функції подається на вхід іншому вузлу function із назвою getTrendText. Цей блок коду визначає тенденцію зміни тиску за допомогою функції getTrend. Вона отримує значення тиску як вхідний параметр і повертає відповідну текстову інформацію про тенденцію зміни тиску, таку як "Rising fast", "Falling slow" тощо. Результат обробки функції передається далі як вихідне значення повідомлення. Блок-схема алгоритму обчислення тенденції зміни атмосферного тиску наведено на рисунку 3.8.

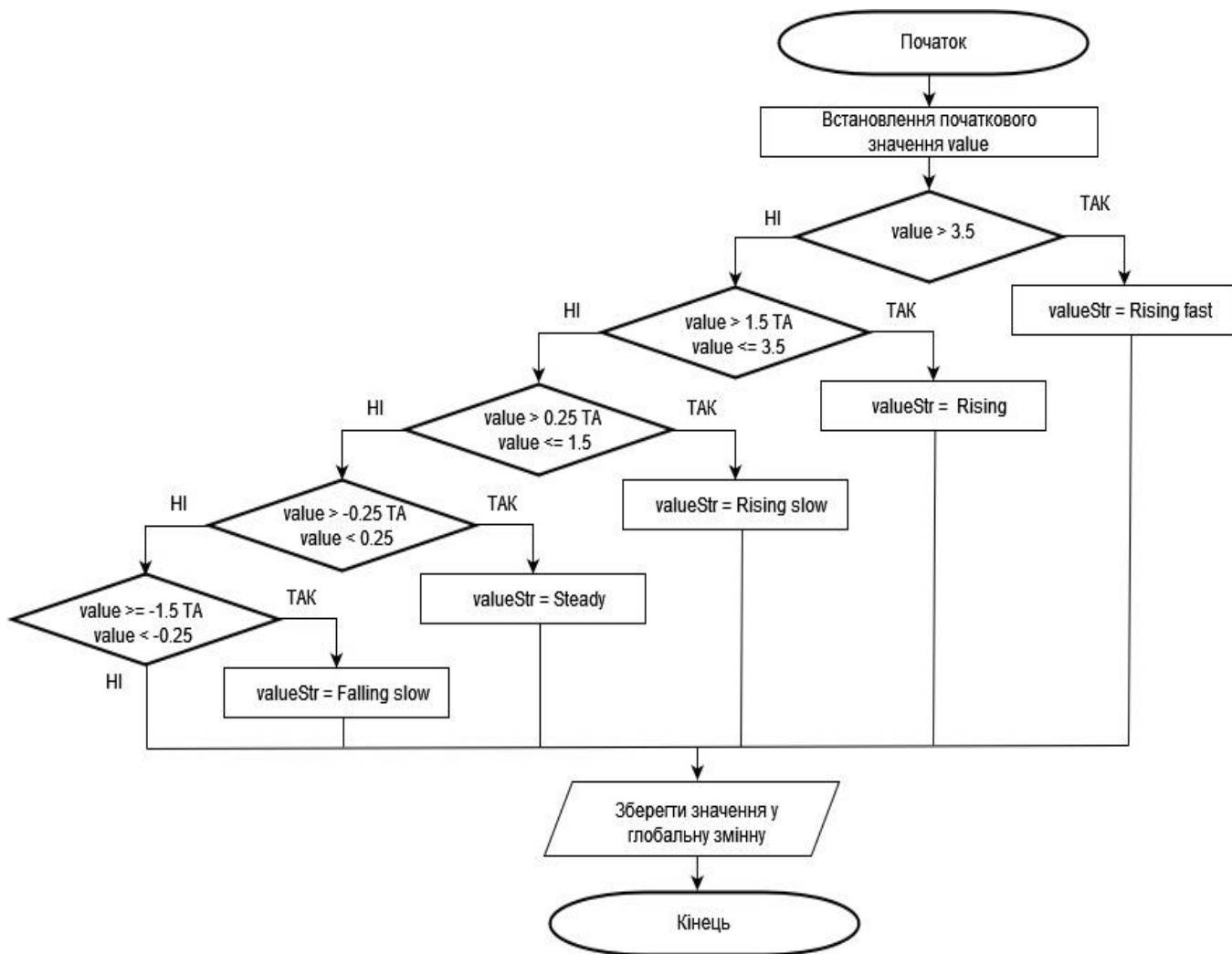


Рисунок 3.8 – Блок-схема алгоритму обчислення тенденції зміни атмосферного тиску

Останнім блоком, що задіюється для визначення прогнозу є вузол `getForecastDeskription`.

Даний виконує прогноз погоди на основі поточного значення тиску та тренду зміни тиску, який надходить у повідомленні. Отримане повідомлення з описом погоди передається наступному вузлу для виведення на текстовий віджет. Всього було вибрано шість станів погоди.

Блок-схему алгоритму короткострокового прогнозування погоди на основі даних про зміну атмосферного тиску подано на рисунку 3.9.

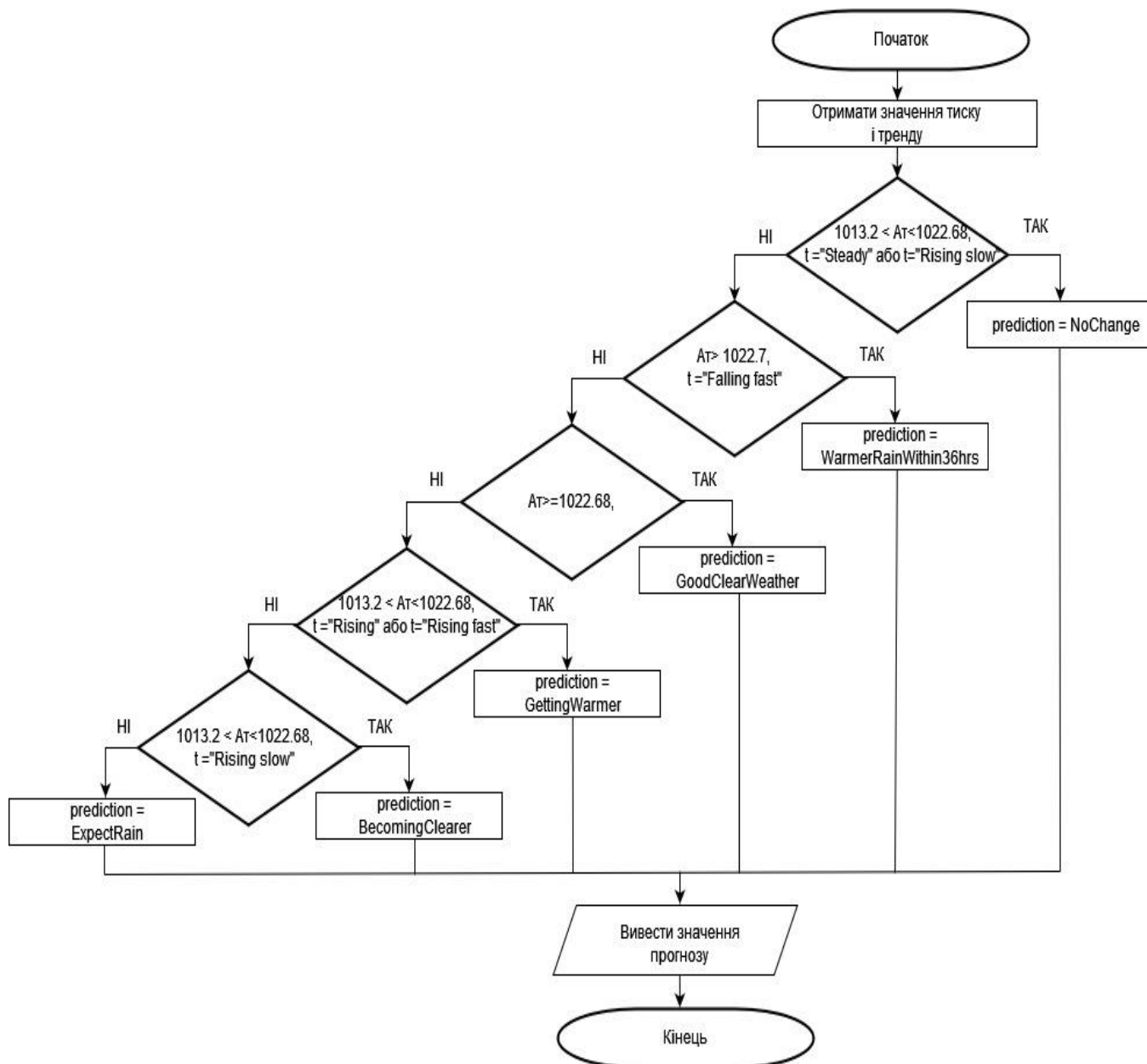


Рисунок 3.9 – Блок-схема алгоритму короткострокового прогнозування погоди на основі даних про зміну атмосферного тиску

Робота алгоритму короткострокового прогнозування погоди на основі даних про зміну атмосферного тиску починається із отримання значення атмосферного тиску та значення тренду. Далі здійснюється перевірка даних значень на предмет співпадіння із набором шаблонів. Дані шаблони були визначенні на основі емпіричних досліджень для Хмельницької області. Після цього здійснюється виведення результату та передача його у вузли для візуалізації результату прогнозування.

Потік короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу подано на рисунку 3.10.

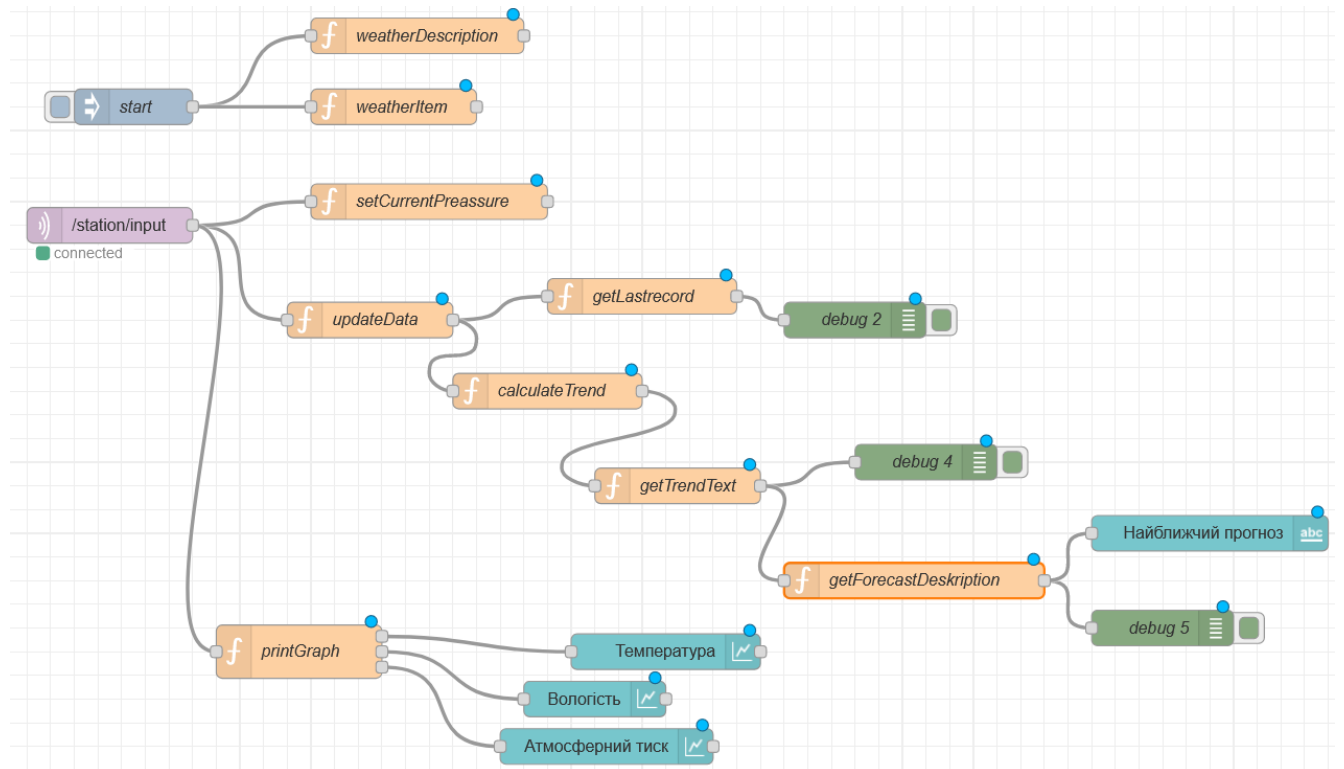


Рисунок 3.10 – Потік короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу

Для тестування розробленого потоку визначення короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу було здійснено публікацію повідомлень у тему /station/input. З цією метою було використано функцію командного рядка `mosquitto_pub`, яка входить у склад пакету Mosquitto, брокера MQTT. Користувач може вказати тему, до якої він хоче опублікувати повідомлення, а також вміст цього повідомлення. Це дозволяє взаємодіяти з брокером MQTT з командного рядка, що є корисним для відлагодження, тестування та інтеграції з іншими інструментами.

Для відправлення повідомлення у командному рядку було введено наступну команду:

```
mosquitto_pub -t "/station/input" -m "21 79 1112"
```

Таким чином було надіслано повідомлення "21 79 1112", де перше значення це температура, друге – вологість, а третє – атмосферний тиск.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

У консолі node red було отримано вивід, що зображено на рисунку 3.11. Можна побачити, що перший вивід це температура, другий – тренд зміни атмосферного тиску, а третє – безпосередньо короткостроковий прогноз. На рисунку 3.12 наведено панель моніторингу показників.

```
12.05.2024, 14:55:06 node: debug 2
/station/input : msg.payload : number
21

12.05.2024, 14:55:06 node: debug 4
/station/input : msg.payload : string[11]
"Rising fast"

12.05.2024, 14:55:06 node: debug 5
/station/input : msg.payload : string[11]
"Ясна погода"
```

Рисунок 3.11 – Вивід у консоль node red про прогноз

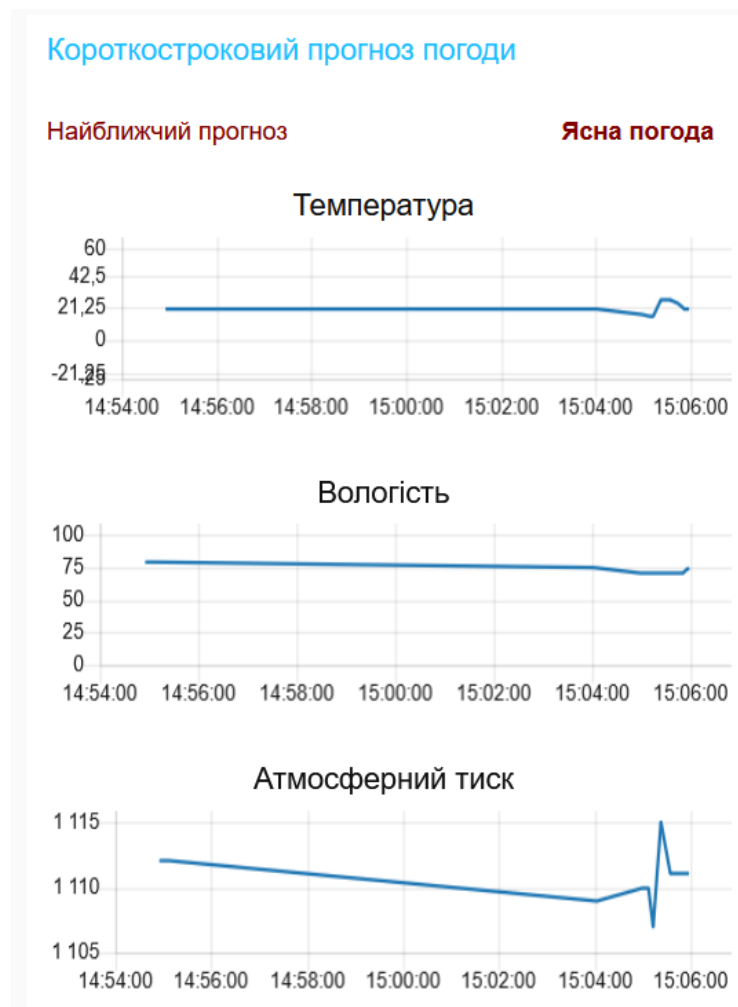


Рисунок 3.12 – Панель моніторингу показників

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

3.2.2 Релізація функції моніторингу та візуалізації швидкості вітру

Для реалізації функції моніторингу та візуалізації швидкості вітру у node red було створено окреми підпотік. Як і у попередньому потоці, робота даного потоку розпочиналась із підписки на тему /station/wind, у яку здійснювалась публікація повідомлень від ESP32. Далі отримане значення швидкості вітру розпаралелюється на дві гілки. Одна гілка здійснює виведення у текстове поле на панелі, а інша – відображає піктограму швидкості вітру.

Для відображення піктограми швидкості вітру було задіяно ланцюг, що складався із вузлів switch, base64 image та template.

Блоки base64 та image в потоці відображення картинки у Node-RED використовуються для обробки та відображення зображень у форматі base64. Блок base64 використовується для конвертації зображення у форматі base64. Base64 - це спосіб кодування бінарних даних, таких як зображення, у текстовий формат, що дозволяє вставляти його безпосередньо в HTML-код або інші документи. Блок image призначений для відображення зображення на інтерфейсі у Dashboard Node-RED. Він приймає дані у форматі base64 та відображає зображення на веб-сторінці. Разом ці два блоки дозволяють обробляти та відображати зображення на панелі інтерфейсу в Node-RED. Таким чином спочатку за допомогою блока base64 здійснюється перетворення зображення у формат base64, а потім передається до блоку image, який відобразить його на панелі інтерфейсу.

В середині блоку image було додано наступний тег img, що представляв піктограму швидкості вітру:

```

```

Після блоку image додано блок template, що використовувався для створення розмітки. Даний блок складався із наступного вмісту:

```
<div ng-bind-html="msg.payload"></div>
```

Реалізація логіки співставлення значення швидкості вітру і відповідної йому піктограми здійснювалось за допомогою блоку switch. Параметри блоку switch наведено на рисунку 3.13.

Рисунок 3.13 – Налаштування блоку switch для співставлення значення швидкості вітру і відповідних піктограми

В середині блоку визначено чотири умови, що використовували операцію is between (проміжок). Було визначено чотири рівні, від 1 до 3, від 4 до 10, від 11 до 19 та від 20 до 50. Цим чотирьом діапазонам було співставлено чотири піктограми (рисунко 3.14).



Рисунок 3.14 – Використані піктограми швидкості вітру

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Для тестування із командного рядка було надіслано наступне повідомлення:

```
mosquitto_pub -t "/station/wind" -m "5"
```

На рисунку 3.15 подано панель моніторингу швидкості вітру.



Рисунок 3.15 – Панель моніторингу швидкості вітру

Всю панель моніторингу для проектованої кіберфізичної системи наведено на рисунку 3.16.

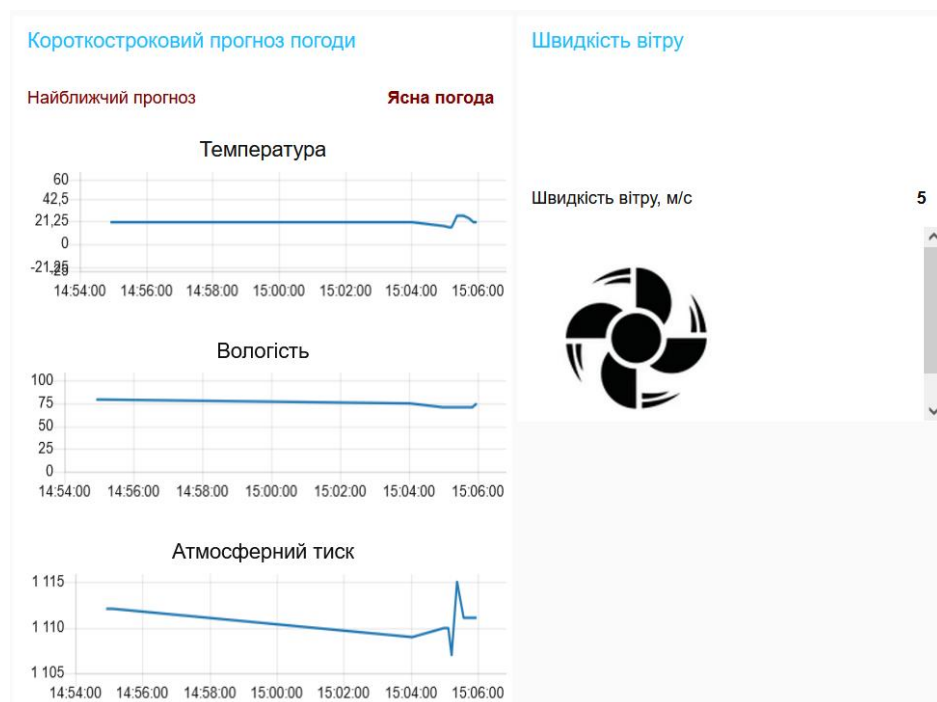


Рисунок 3.16 – Панель моніторингу для проектованої кіберфізичної системи

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Узагальнений алгоритм скетчу для ESP32, що зчитує температуру і атмосферний тиск з сенсора BMP280, а також вологість з датчика DHT22, виглядав наступним чином:

- ініціалізація пінів, до яких підключені датчики BMP280, DHT22 та анемометра;
- ініціалізація датчиків, створення й налаштування об'єктів для BMP280, DHT22 та анемометра;
- зчитування даних: температуру і атмосферний тиск із датчика BMP280, вологість із DHT22, а швидкість вітру із анемометра;
- виведення даних про атмосферні показники на I2C LCD дисплей;
- додавання затримки між ітераціями циклу, яка контролюватиме частоту зчитування даних;
- повторення процесу зчитування і виводу даних у безкінечному циклі loop().

3.3 Висновки

Було здійснено реалізацію програмної частини кіберфізичної системи для прогнозу погоди у середовищі Node red. Реалізовані функції включали здійснення моніторингу в режимі реального часу рівня температури та вологості повітря, атмосферного тиску, а також швидкості вітру із візуалізацією даних у формі графіка. Обидві функції були реалізовані у вигляді сценаріїв у середовищі Node red. Відображення даних у формі графіків дозволило зручно аналізувати та візуалізувати отриману інформацію.

ВИСНОВКИ

Кіберфізичні системи являють собою складні технологічні комплекси, що поєднують обчислювальні можливості з фізичними процесами. Це інтеграція апаратних та програмних компонентів, яка дозволяє здійснювати моніторинг, контроль та управління різноманітними процесами в реальному часі. Від побутових пристроїв до великих промислових систем, КФС охоплюють широкий спектр застосувань, забезпечуючи високу ефективність, надійність та адаптивність систем.

Однією з найперспективніших та важливих сфер застосування кіберфізичних систем є прогнозування погоди. Враховуючи кліматичні зміни та зростаючі потреби в точних метеорологічних даних для різних галузей, від сільського господарства до авіації, значення таких систем постійно зростає. КФС для прогнозування погоди можуть забезпечити високу точність та оперативність у зборі та обробці даних, що є критично важливим для прийняття правильних рішень у багатьох сферах діяльності.

За результатами виконання дипломної роботи було спроектовано прототип кіберфізичної системи прогнозу погоди.

У першому розділі приведено огляд поняття кіберфізичних систем, наведено їх характеристики та особливості. Проведено аналіз відомих програмно-технічних рішень, що використовуються для моніторингу та прогнозування погоди. Окрім того, розглянуто наукові підходи та використання машинного навчання для задачі прогнозування погоди.

У другому розділі запропоновано проект кіберфізичної системи прогнозу погоди. Сформовано вимоги, головні із яких включали: реалізацію короткострокового прогнозу погоди на найближчу добу; реалізація моніторингу в режимі реального часу рівня температури та вологості повітря, атмосферного тиску, а також швидкості вітру; реалізація візуалізації даних про температуру, вологість та атмосферний тиск у вигляді динамічних графіків. Здійснено аналіз апаратних компонентів, проведено порівняння різних моделей апаратних

					КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

компонентів. Спроектовано монтажну схему та електричну принципову. Здійснено наближений обрахунок вартості спроектованої кіберфізичної системи прогнозу погоди. Проведено розрахунок вартості клієнтської частини кіберфізичної системи. Загальна вартість клієнтської частини кіберфізичної системи прогнозу погоди склала приблизно 40 у.о.

У третьому розділі здійснено реалізацію програмної частини кіберфізичної системи для прогнозу погоди у середовищі візуального програмування потоків Node red. Реалізовані функції включали здійснення моніторингу в режимі реального часу рівня температури та вологості повітря, атмосферного тиску, а також швидкості вітру із візуалізацією даних у формі графіка. Обидві функції були реалізовані у вигляді сценаріїв у середовищі Node red. Відображення даних у формі графіків дозволило зручно аналізувати та візуалізувати отриману інформацію.

Особливістю спроектованого рішення є його досить низька вартість, маштабованість, а також можливість інтегрування у існуючі системи Інтернету речей, програмна частина яких реалізується за допомогою потоків Node red.

					КВРКІ. 200159.20.01.08 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Kumar A. et al Weather Forecasting Model using Artificial Neural Network, *Procedia Technology*, Vol.4, 2012, Pp. 311-318.
2. Shaiba H., Marzouk R., Nour M., Negm N., Hilal A. Weather Forecasting Prediction Using Ensemble Machine Learning for Big Data Applications. *Computers, 2022, Materials & Continua*. 73. DOI:10.32604/cmc.2022.030067.
3. Wang B., Lu J., Yan Z., Luo H., Li T. et al., Deep uncertainty quantification: A machine learning approach for weather forecasting, in *Proc. 25th ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery & Data Mining*, NewYork, USA, Pp. 2087–2095, 2019.
4. Murthy M. S. et al Real Time Weather Monitoring System using IoT, *E3S Web of Conferences* 391, 01142, 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202339101142
5. Hastak O. G. et al IOT based weather forecasting system using Arduino board, *International Journal of Research Publication and Reviews*, Vol 3, no 4, 2022, Pp 2664-2669
6. Raspberry Pi based weather monitoring using IoT, URL: <https://www.projects8051.com/raspberry-pi-based-weather-monitoring-using-iot/>
7. How2electronics, How to Measure Wind Speed using Anemometer & Arduino. URL: <https://how2electronics.com/measure-wind-speed-using-anemometer-arduino/>
8. Webby lab, Weather Reporting System Using IoT: Benefits & Use Cases. URL: <https://webbylab.com/blog/weather-reporting-system-using-iot-benefits-use-cases/>
9. IOT Weather Reporting System. URL: <https://nevonprojects.com/iot-weather-reporting-system/>
10. IoT Based Weather Monitoring System Using Arduino. URL: <https://projecthub.arduino.cc/rajeshjiet/iot-based-weather-monitoring-system-using-arduino-a3334a>

11. The Future of Weather Forecasting With IoT. URL: <https://www.benchmarklabs.com/blog/future-of-weather-forecasting/>
12. Measure Wind Speed with Anemometer on ESP32 TFT Display. URL: <https://how2electronics.com/measure-wind-speed-with-anemometer-on-esp32-tft-display/>
13. Anemometer (Wind Speed Sensor). URL: <https://hackaday.io/project/182052-solar-powered-wifi-weather-station-v30/log/198668-anemometer-wind-speed-sensor>
14. Фурман І.О., Староверов Р.М., Мельський Д.О. Огляд можливостей «розумного будинку» для покращання побутових умов та зменшення витрат на утримання домогосподарств. Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. 2014. № 2. С. 79-80.
15. Дужак І.О. Розумний будинок. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*. 2013. № 13(13–14). С. 31-33.
16. S. Zhihua S., Design of Smart Home System Based on ZigBee, 2016 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), 2016. С. 167-170.
17. Puri V. and Nayyar A., Real time smart home automation based on PIC microcontroller Bluetooth and Android technology, 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 2016, Pp. 1478-1484.
18. Smart Home 101: Introduction and How It Works. URL: <https://palmetto.com/learning-center/blog/smart-home-101-guide-to-smart-home-technology>
19. Бочкаръов О.Ю., Голембо В.А., Парамуд Я.С., Яцук В.О. Кіберфізичні системи: технології збору даних, Магнолія, 2024, 176 с.
20. Abomhara M. and Køien G. M., Security and privacy in the Internet of Things: Current status and open issues, 2014 International Conference on Privacy and Security in Mobile Systems (PRISMS), 2014, Pp. 1-8.
21. Верусь В.С., Кондратюк О.І., Ляшко С.С. Розумний будинок або автоматизована система керування житлом. *Студентський вісник Національного*

університету водного господарства та природокористування. 2019. Вип. 1(11). С. 119–122.

22. Чижевська М. А. Параметри інформаційної системи “Розумний будинок”, *Наукові записки Державного університету телекомунікацій*, №4, 2019, С. 61-67

23. Lee Y. T., Hsiao W. H., Huang C. M. and Chou S. C. T., An integrated cloud-based smart home management system with community hierarchy, *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 62, no. 1, 2016, Pp. 1-9.

24. Swain K. B., Dash S. and Gouda S. S., Raspberry PI based Integrated Autonomous Vehicle using LabVIEW, *2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security (ICSSS)*, 2017, Pp. 69-73

25. Kim J. E., Boulos G., Yackovich J., Barth T., Beckel C. and Mosse D., Seamless integration of heterogeneous devices and access control in smart homes, *Proc. 8th Int. Conf. Intell. Environ. (IE)*, Jun. 2012, Pp. 206-213.

26. Collotta M. and Pau G., A Novel Energy Management Approach for Smart Homes Using Bluetooth Low Energy, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33 12, 2015, Pp. 2988-2996.

27. Piyare R., Internet of things: ubiquitous home control and monitoring system using android based smart phone, *International Journal of Internet of Things*, 2 1 2013, Pp. 5-11.

28. Гайдукевич С.В., Семенова Н.П., Леськів Я.А. Особливості SMART-технологій на прикладі автоматизації житлового будинку, *Таврійський науковий вісник*. №1. 2022. С. 12-21.

29. Sharma M., Assotally A. and Bekaroo G., RaspiMonitor: A Raspberry Pi Based Smart Home Monitoring System, *2022 3rd International Conference on Next Generation Computing Applications (NextComp)*, Flic-en-Flac, Mauritius, 2022, Pp. 1-6.

30. Nisan N., Schocken S. The Elements of Computing Systems, second edition: Building a Modern Computer from First Principles 2nd Edition, *The MIT Press*, 2021. 344 p.

31. Rhee J.H., Ma J.H., Seo J., Cha S.H., Review of applications and user perceptions of smart home technology for health and environmental monitoring, *J. Comput. Des. Eng.* No 9. 2022, Pp. 857–889

32. Tudose D. S., Voinescu A., Petrareanu M.-T., Bucur A., Loghin D., Bostan A., et al., «Home automation design using 6LoWPAN wireless sensor networks», *2011 International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops (DCOSS)*, 2011, Pp. 1-6.

33. Бабенко О. В. Актуальність технологій розумних будинків для підвищення енергоефективності економіки держави, *Матеріали XLVIII наук.-техн. конф. підрозділів Вінниц. нац. техн. ун-ту (НТКП ВНТУ-2019)* : зб. доп., Вінниця, 2019, С. 2920-2921

34. Mahamudul H., et al. Modelling of PV module with incremental conductance MPPT controlled buck-boost converter, *2013 2nd International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, 2013, Pp. 197-202

35. Kim J. E., Boulos G., Yackovich J., Barth T., Beckel C. and Mosse D., Seamless integration of heterogeneous devices and access control in smart homes, *Proc. 8th Int. Conf. Intell. Environ. (IE)*, 2012, Pp. 206-213.

36. Gomez C. and Paradells J., Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 48, no. 6, 2010, Pp. 92-101.

37. Gill K., et al., A ZigBee-based home automation system, *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 55, no. 2, 2009, Pp. 422-430.

38. Arduino ua Барометр 3.3 В BMP280. URL: <https://arduino.ua/prod1758-barometr-datchik-atmosfernogo-davleniya-na-bmp280>

39. DHT11 vs DHT22. URL: <https://learn.adafruit.com/dht/overview>

40. ESP32 плата Wi-Fi i Bluetooth DEVKIT ревізія V1 LunaNode32. URL: <https://arduinokit.com.ua/ua/p1176510996-esp32-plata-bluetooth.html>

41. Valov N. and Valova I., Home Automation System with Raspberry Pi, *2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE)*, Ruse, Bulgaria, 2020, Pp. 1-5

42. Kayastha S. and Upadhyaya P., Design and Implementation of a Cost-Efficient Smart Home System with Raspberry Pi and Cloud Services, *2019 Artificial Intelligence for Transforming Business and Society (AITB)*, Kathmandu, Nepal, 2019, Pp. 1-7.

43. Barrett S.F. Microchip AVR® Microcontroller Primer: Programming and Interfacing / S.F. Barrett, D. J. Pack, M. A. Thornton, *Morgan & Claypool Publishers*, 2019, 374 p.

44. Balta-Ozkan N., Davidson R., Bicket M., Whitmarsh L., Social barriers to the adoption of smart homes, *Energy Policy*, Vol. 63, 2013, Pp. 363-374

45. Степаненко О.І. Пасивний будинок – шлях до ефективного використання енергії, *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 2014, №3, С. 56-58.

46. Malche T. and Maheshwary P., Internet of Things (IoT) for building smart home system, *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social Mobile Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 2017, С. 65-70.

47. Khan M. N. A., Tanveer T., Khurshid K., Zaki H. and Zaidi S. S. I., Fire Detection System using Raspberry Pi, *2019 International Conference on Information Science and Communication Technology (ICISCT)*, 2019, Pp. 1-6.

48. Тарарака В.Д. Архітектура комп'ютерних систем: навч. посіб., Житомир: *ЖДТУ*, 2018, 383 с.

49. Collotta M. and Pau G., A Novel Energy Management Approach for Smart Homes Using Bluetooth Low Energy, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33 12, 2015. Pp. 2988-2996.

50. Chase J., *The Evolution of the Internet of Things Texas Instruments Texas*, 2013, pp. 1-3.

51. Kodali R. K. An IoT based weather information prototype using WeMos, *2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics*, 2016, Pp. 612-616

52. Takahashi H. et al., Improvement of automatic fire extinguisher system for residential use, *2015 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, 2015, Pp. 1-4.

53. Swain K. B., Dash S. and Gouda S. S., Raspberry PI based Integrated Autonomous Vehicle using LabVIEW, *2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security (ICSSS)*, 2017, Pp. 69-73, DOI: 10.1109/SSPS.2017.8071567.

54. Weather Forecasting and IoT. URL: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/weather-forecasting-and-iot>

55. Real-Time Weather Reporting System Using IoT: Benefits & Use Cases. URL: <https://www.airtel.in/b2b/insights/blogs/iot-use-cases-in-real-time-weather-monitoring-system/>

56. IOT Weather Drone Airship For Weather Forecasting. URL: <https://nevonprojects.com/iot-weather-drone-airship-for-weather-forecasting/>

57. The Rise of Cyber-Physical Systems, November 2023. URL: <https://www.nationalacademies.org/news/2023/11/the-rise-of-cyber-physical-systems>

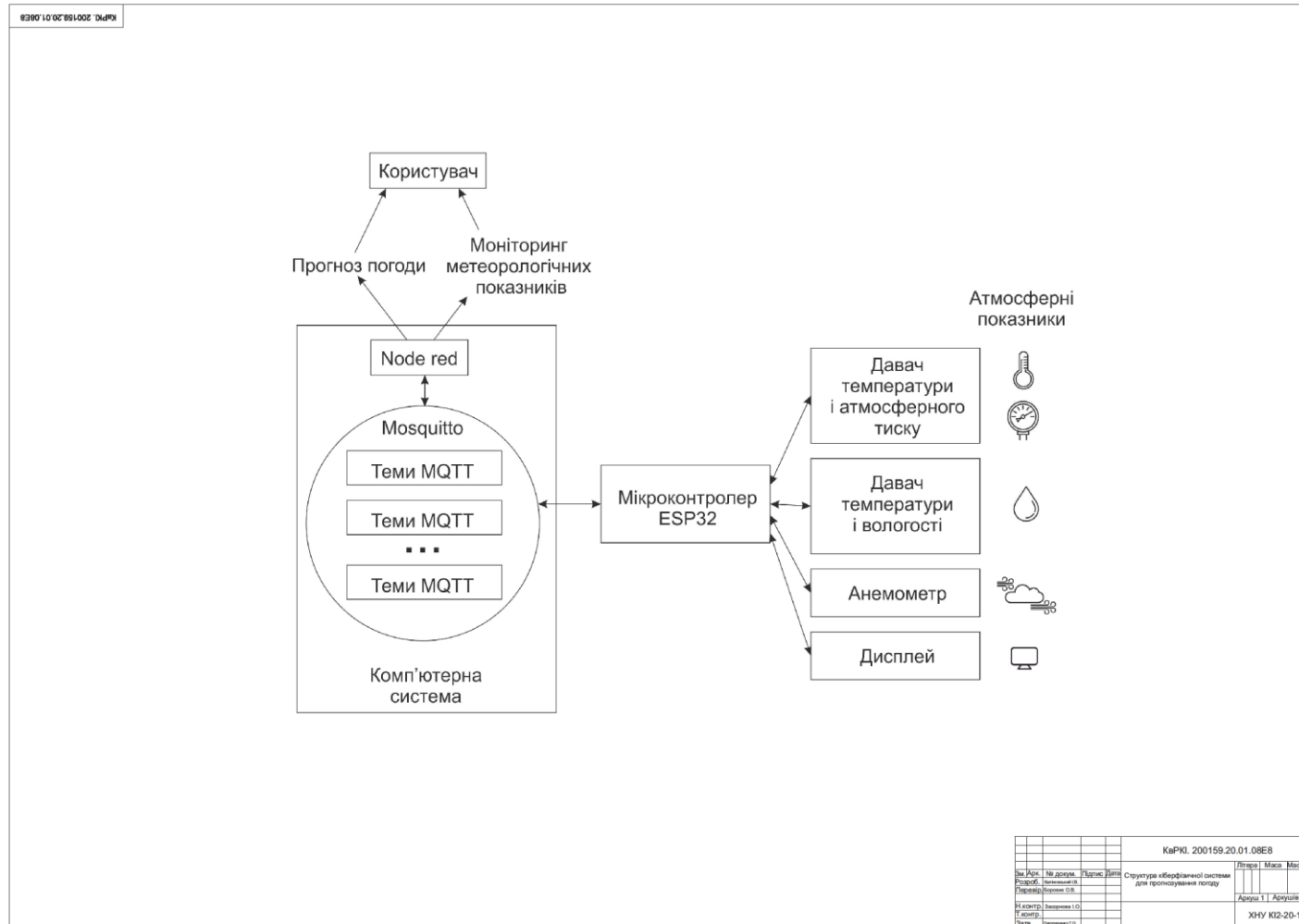
58. What is cyber physical systems security (CPS)?. URL: <https://www.forescout.com/glossary/cyber-physical-systems-security/>

59. The Ultimate Guide to Cyber Physical Systems (CPS) Security. URL: <https://claroty.com/blog/cyber-physical-systems-security-is-the-new-ot-security>

60. What are Cyber-Physical Systems?. URL: https://www.analyticssteps.com/blogs/what-are-cyber-physical-systems#google_vignette

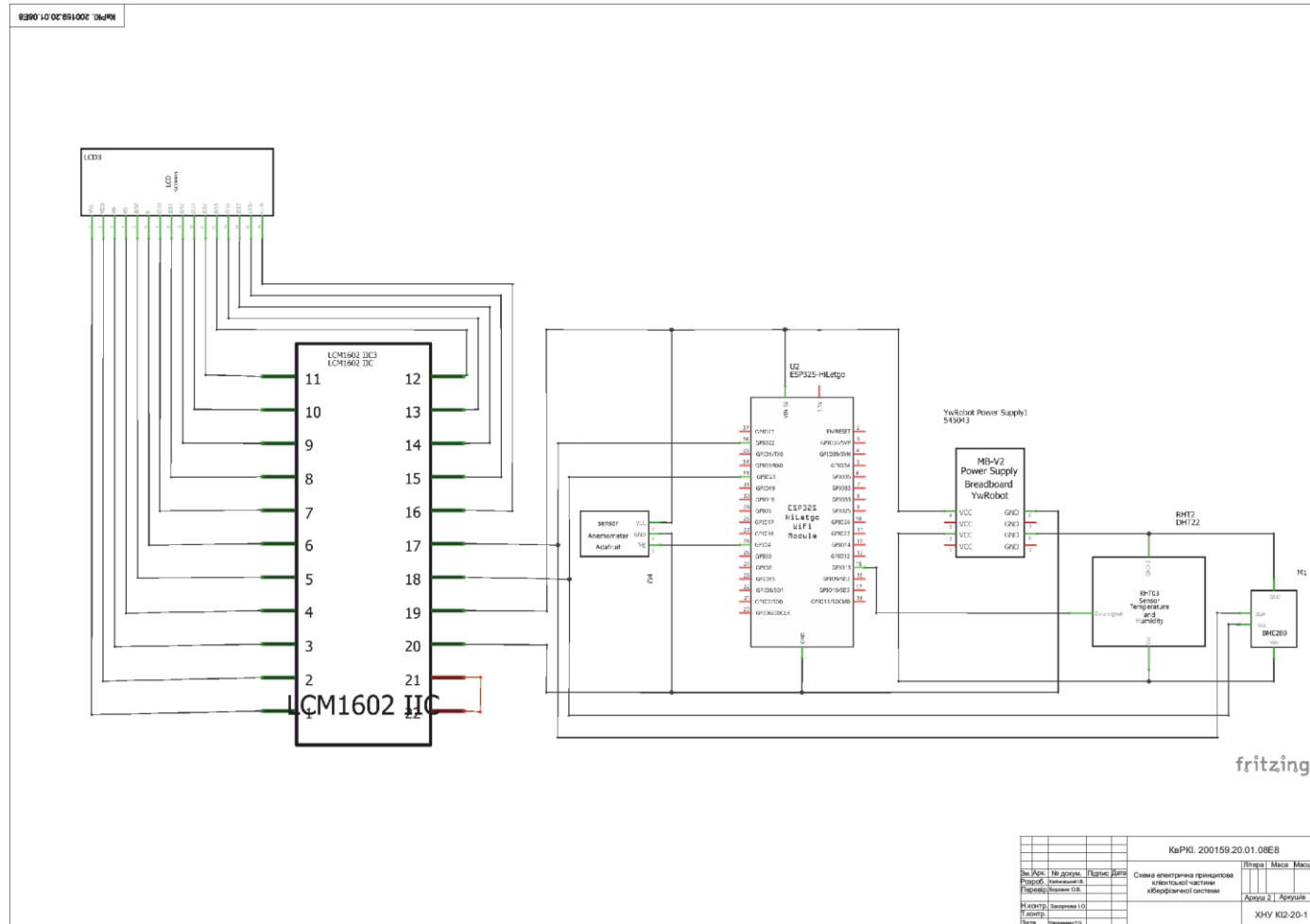
ДОДАТОК А

Копія креслення «Структура кіберфізичної системи для прогнозу погоди»



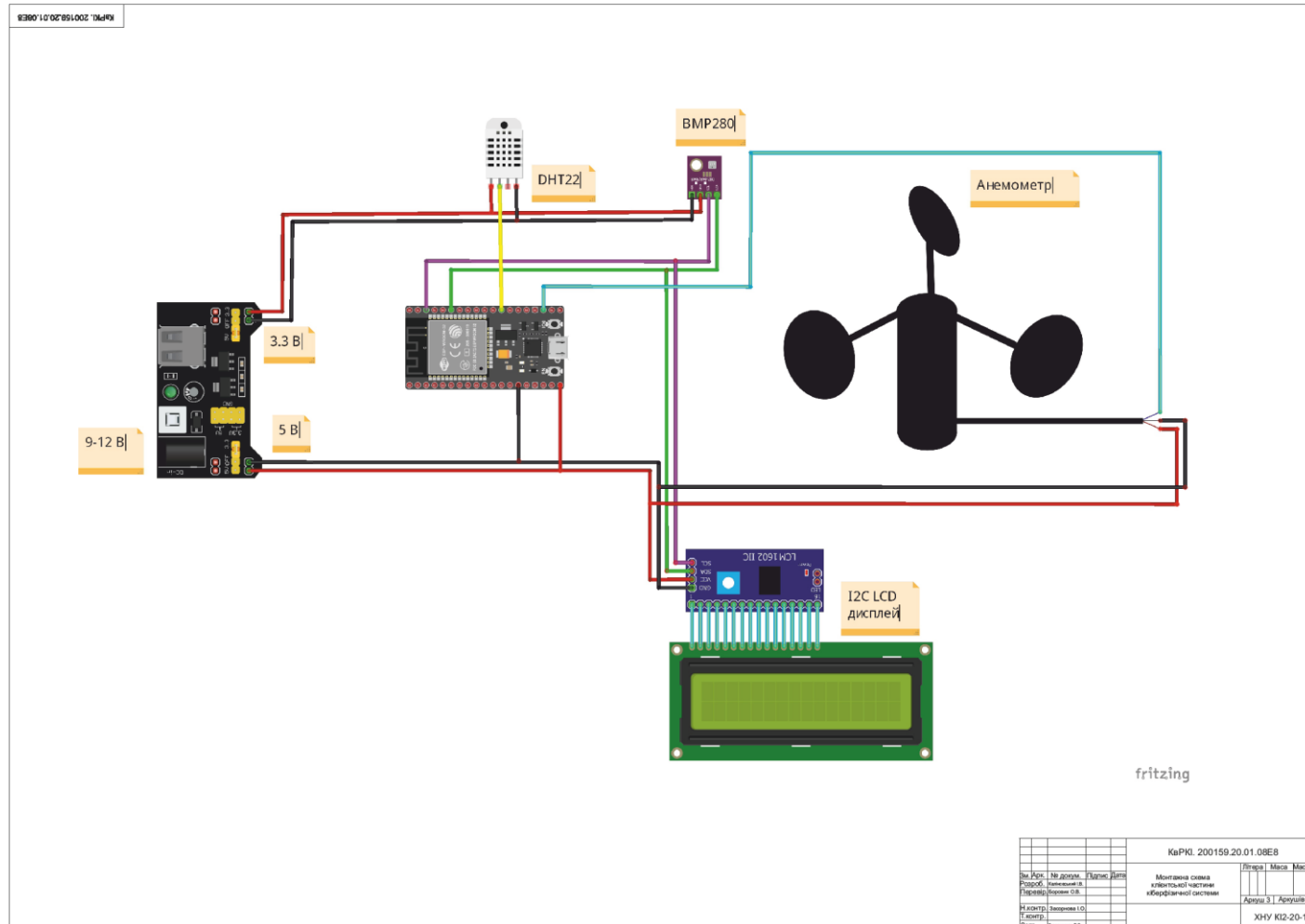
ДОДАТОК Б

Копія креслення «Схема електрична принципова клієнтської частини кіберфізичної системи»



ДОДАТОК В

Копія креслення «Монтажна схема клієнтської частини кіберфізичної системи»



Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1016277177

Дата перевірки:
23.05.2024 18:40:24 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
23.05.2024 18:42:14 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: **Каліновський_Кіберфізична система для прогнозу погоди (програмна частина)**

Кількість сторінок: 67 Кількість слів: 11255 Кількість символів: 87221 Розмір файлу: 12.25 MB ID файлу: 1016068674

3.38% Схожість

Найбільша схожість: 0.94% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1014619896)

1.83% Джерела з Інтернету 62 Сторінка 69

2.52% Джерела з Бібліотеки 132 Сторінка 70

0.5% Цитат

Цитати 11 Сторінка 71

Посилання 1 Сторінка 71

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 2

Thu May 23 15:42:42 EEST 2024, Медзятий Дмитро Миколайович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 4.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 15%

ID: 127015 Назва: БКР Кіберфізична система для прогнозу погоди (програмна частина) Додано в БД: 2024-05-23 Автора: І.В. Каліновський Керівники: О.В. Боровик Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	79213	651	5037 (6%)	43 (7%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Каліновський Ілля Володимирович

Тема: Кіберфізична система для прогнозу погоди (програмна частина)

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень 3; кількість сторінок записки 60

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі було здійснено реалізацію програмної частини кіберфізичної системи для прогнозу погоди у середовищі Node red. Реалізовані функції включали здійснення моніторингу в режимі реального часу рівня температури та вологості повітря, атмосферного тиску, а також швидкості вітру із візуалізацією даних у формі графіка.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню _____

Дипломний проект відповідає виданому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено функціонування кіберфізичних систем, проведено аналіз відомих засобів та методів для прогнозування погоди. У другому розділі здійснено проєктування кіберфізичної системи для прогнозу погоди. У третьому розділі виконано програмну реалізацію кіберфізичної системи прогнозу погоди.

4. Позитивні сторони роботи: Виконано програмну реалізацію прототипу кіберфізичної системи прогнозу погоди

5. Негативні сторони роботи: Відсутній аналіз результатів спроектованої системи із якого можна було б оцінити достовірність наданого прогнозу, а також порівняти його із результатами інших систем.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:

пояснювальна записка та листи креслення виконані згідно діючих вимог

7. Відгук про роботу в цілому: В загальному робота виконана на задовільному

рівні.

8. Інші зауваження: —

9. Оцінка дипломної роботи:

Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи
вважаю, що робота заслуговує оцінки «задовільно» 3,50 (D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Жаботник Олександр Анатолійович, доцент,
кафедра КН, ХНУ

“ 4 ” 06 2024р.



Підпис дійсний _____
Засвідчую _____
Начальник відділу кадрів
І.С.Мартинюк

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Кіберфізична система для прогнозу погоди (програмна частина)

Автор: Каліновський Ілля Володимирович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Боровик Олег Васильович, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

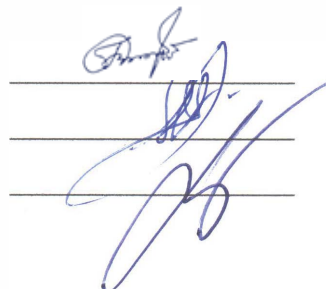
- 1) запозичення розміщені в розділі аналізу існуючих аналогів та відомих рішень, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості Unichesk, складає 3.38% і адресується до 194 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 4%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІІС



О.В. Боровик

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко

Завідувачу кафедри КІС
д-р.техн.наук, проф. Говорушенко Т. О.

Жидіновський І. В.
ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

30.05.2024

дата

І. В.

підпис