

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Кіберфізична система для прогнозу погоди (серверна частина)
Назва теми

КвРКІ200110.20.01.10 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

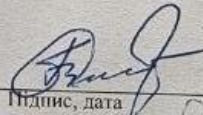
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2-20-1


Підпис

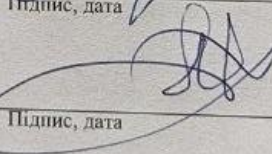
В. С. Капелюх
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

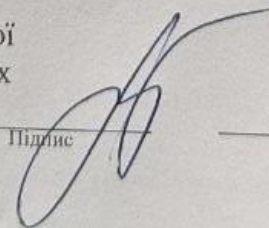
О. В. Боровик
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

С. М. Лисенко
Ініціали, прізвище

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


Підпис

Т. О. Говорущенко
Ініціали, прізвище

«24» 06 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

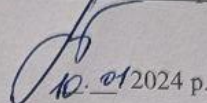
Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко


10.01.2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Капелюху Володимирі Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

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

Керівник проекту (роботи) Боровик О.В., д.т.н., проф.

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

Затверджена наказом ректора університету від 24.06.24 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 24.06.24 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Кіберфізична система прогнозування погоди та постановка задачі щодо її удосконалення

Проектування системи обробки даних для прогнозування погоди у кіберфізичній системі

Програмно-апаратна реалізація кіберфізичної системи прогнозування погоди та серверної частини системи

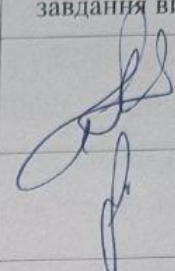

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Блок-схема функціонування модулів

Інформація з таблиць. Діаграма бази даних.

Структура функціонування проекту

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагиат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

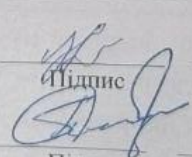
7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2024	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 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2024	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування системи прогнозування погоди (серверна частина)	01.04.2024	виконано
5	Робота над розділом 3 – проектування системи	29.04.2024	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2024	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2024	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2024року	

Студент

Керівник роботи


Підпис

В. С. Капелюх
Ініціали, прізвище

О. В. Боровик
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Кіберфізична система для прогнозу погоди (серверна частина)».

Автор роботи: Капелюх Володимир Сергійович.

Керівник роботи: Боровик Олег Васильович.

Пояснювальна записка: 55 с., 23 рис., 3 табл., 3 дод., 40 джерел.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА,
МЕТЕРОЛОГІЯ, МОНІТОРИНГ, БАЗИ ДАНИХ.

Метою дипломної роботи є визначення умов та особливостей створення ефективної та робочої системи прогнозування погоди, а також оцінка механізмів, які задіюються в обробці інформації у кіберфізичній системі прогнозування погоди, а саме її серверної частини.

Об'єктом дослідження є функціонування систем прогнозування погодних умов.

Предметом дослідження є оцінка функціонування систем прогнозування погодних умов.

Під час проведення глибокого дослідження був використаний ефективний метод систематичного огляду доступної літератури для вивчення і аналізу області даного дослідження з усіх можливих текстових джерел.

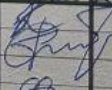
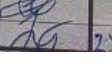



Підпис студента

24.06.2024

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗУ ПОГОДИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ ..	6
1.1 Аналіз структурних і функціональних особливостей функціонування кіберфізичних систем прогнозування погоди.....	6
1.2 Аналіз програмно-апаратного забезпечення обробки інформації в наявній кіберфізичній системі	15
1.2.1 Модель для прогнозування погоди ЄЦПІ (Центр вимірювань в Європі– ECWF).....	16
1.2.2 Модель прогнозування погодних умов GFS (Глобальна система).....	16
1.2.3 Модель погоди ICON (Icosahedral Nonhydrostatic).....	17
1.2.4 Модель UKMO (Бюро метеорологічних досліджень Сполученого Королівства).....	17
1.2.5 Модель GEM (Global Multiscalable Prediction Model).....	18
1.2.6 Система прогнозування клімату - CFS (Climate Forecast System)	18
1.3 Висновки	22
2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ОБРОБЛЕННЯ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У СИСТЕМІ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ (СЕРВЕРНА ЧАСТИНА)	24
2.1 Визначення апаратних і програмних підсистем програмно-технічного засобу.....	24
2.2 Детальний опис моделей метеорологічних даних	29
2.2.1 Модуль збору даних.....	30
2.2.2 Модуль обробки даних	30
2.2.3 База даних	31
2.2.4 API для доступу до даних.....	32

				КвРКІ.200110.20.01.10 ПЗ			
Зм. Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	Кіберфізична система для прогнозу погоди (серверна частина). Пояснювальна записка	Літера	Арквш	Арквшів
Виконав	Капельох В.				у	2	57
Перевір.	Боровик О.В.						
Н.контр.	Лисенко С.М.						
Затвер.	Говорущенко Т.О.		24.05				
				ХНУ КІ2-20-1			

2.2.6 Модуль виводу.....	33
2.3 Опис функціонального призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу, їх взаємозв'язок обчислення та обмін даними.....	33
2.3.1 Обчислення індексу спеки:	37
2.3.2 Обчислення точки роси	39
2.3.3 Обчислення УФ-індексу.....	40
2.4 Висновки	44
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ.....	45
3.1 Сервер баз даних: вимоги до обладнання та програмного забезпечення	45
3.2 Розробка бази даних.....	46
3.3 Сценарій користування системою.....	54
3.1.1 Вибір бажаних координат	54
3.1.2 Обчислення та вивід загальних даних	56
3.3. Висновки	59
ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	63
ДОДАТОК А КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «БЛОК-СХЕМА ФУНКЦІОНУВАННЯ МОДУЛІВ».....	66
ДОДАТОК Б КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «ІНФОРМАЦІЯ З ТАБЛИЦЬ ДІАГРАМА БАЗИ ДАНИХ».....	67
ДОДАТОК В КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «СТРУКТУРА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОЄКТУ»	68

ВСТУП

В останні роки автоматизація інформаційних технологій відіграє важливу роль у нашому житті. Він поширюється майже на всі сфери життя людини, полегшуючи життя. Це дає можливість забезпечити часткову, а іноді й повну автоматизацію багатьох речей в щоденному житті людини, тому і не дивно, що така технологія широко використовується для вимірювання та прогнозування погоди.

Прогнозування погоди використовує інструменти, спостережні дані, науку та технології для передбачення погоди на години, дні та місяці наперед для певного місця на земній кулі. До появи комп'ютерних моделей прогноз погоди здійснювався шляхом спостережень, але в сучасному світі людина може дізнаватися погоду з мережі Інтернету.

Кіберфізичні системи прогнозу погоди використовуються в багатьох сферах діяльності людини і тому зовсім не дивно, що попит на дані системи просто величезний. Люди складають плани за допомогою таких сервісів.

Перш ніж вийти з дому перевіряють прогноз погоди (хоча й часто він не співпадає з реальністю), щоб якнайкраще підготуватися до прогнозованих погодних умов. Передбачення погоди є незамінним в сучасному світі.

В минулому люди жили без надійних в прогнозованих інструментів передбачення погоди. Вони придумували різні хитромудрі обряди та ритуали, намагалися слідкувати за жвавим світом навколо них та ніколи не могли вгадати, коли буде дощ, спека чи інше.

Тепер передбачення погоди допомагає зменшити незвіданість щодо майбутніх погодних умов, дозволяючи людям краще планувати свої повсякденні активності і зменшує ризик непередбачуваних подій. Від наслідків злив, спеки або снігопаду вдень до небезпеки низької видимості вночі, погодні дані завжди будуть в нагоді.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Воно дозволяє попередити природні катастрофи, такі як урагани, торнадо, повені чи зливи і може дати людям можливість вчасно евакуюватися та захистити свою власність.

Фермерам і сільськогосподарським підприємствам, воно дає змогу завчасно мати метеорологічні дані для планування сівозміни, поливу, захисту від шкідників та загального управління врожаєм.

Важко переоцінити його вплив на наше щоденне життя. Воно допомагає управляти маршрутами транспортування, забезпечує вчасну доставку товарів і послуг, що є критичним для ефективності логістичних операцій. Крім того, погодні умови прямо впливають на наше здоров'я та безпеку, надаючи необхідну інформацію для запобігання епідеміям та різним медичним ускладненням, пов'язаним із змінами погодніх умов.

Наукові дослідження використовують дані систем передбачення погоди для вивчення кліматичних змін та розвитку нових підходів у метеорології, що сприяє нашому загальному розумінню природних процесів і підтримує екологічну стійкість нашої планети.

Саме тому важко переоцінити важливість розроблення ефективної та дієвої системи прогнозування погоди для забезпечення вирішення усіх нагальних потреб цивільного та військового життя.

В даній роботі проведений аналіз усіх наявних систем прогнозування погодніх умов та наведено показові приклади сучасних рішень систем прогнозу погоди, зазначено їхні недоліки та переваги і наведений висновок, як все таки можна покращити кіберфізичні системи для прогнозування погоди.

Кожний наступний розділ даної дипломної роботи описуватиме та відтворюватиме детальний шлях до удосконалення та модернізації реалізації поставленої задачі.

Для розробки програмного забезпечення було використано мову програмування JavaScript, технологія NodeJs, фреймворки Express для створення багатофункціонального веб-застосунку.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗУ ПОГОДИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

1.1 Аналіз структурних і функціональних особливостей функціонування кіберфізичних систем прогнозування погоди

Кіберфізична система (КС) – це інформаційно-технологічна концепція, яка передбачає суцільну інтеграцію усіх типів обчислювальних даних разом з ресурсами фізичних сутностей. Вони можуть працювати у будь-якому виді, включаючи теоретичні, біологічні та створені людиною об'єкти.

У таких кіберфізичних системах система, що обчислює всю логіку архітектури, розподіляється рівномірно по усій системі, і являється її носієм. Вона також синергує із усіма наявними елементами системи.

Термін кіберфізичної системи є доволі модерним словом, тому що перші згадки про нього почали виринати лише нещодавно, у рамках четвертої промислової революції, та із подальшим всебічним використанням у високотехнологічний час.

У цій роботі було проведено аналіз проблеми сучасних систем прогнозування погоди та знайдено технологію, яка дозволить реалізувати кіберфізичну систему, що вирішить дану проблему.

У сучасному світі неможливо знайти будь-яку людину, яка би не проявляла інтерес до прогнозу погоди. Бо як інакше, якщо погода прямо впливає на наше життя та життя людей, що нас оточують. „Нехай проблеми та незгоди не роблять Вам в житті погоди” – було б чудово, але без метеорологічних прогнозів людям прожити ніяк.

Прогнозування погоди допомагає нам підбирати, що вдягнути, запланувати різноманітні заходи надворі і закордоні чи локальні подорожі.

В світі значна частина галузей інфраструктури залежить від правильного прогнозування погоди, їх діяльність була б не настільки ефективною та прибутковою без знання найімовірніших змін та атмосфери у майбутньому.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Ми живемо в епоху капіталізму і тому все, що зменшує витрати та підвищує прибуток, можна продавати втричі дорожче собівартості. Засоби та сервіси з прогнозування погоди є саме представником такого виду.

Водночас для простих людей, такі базові види прогнозів погоди є легкодоступними і безкоштовними, дякуючи Інтернету.

Звичайно, повною мірою використовувати прогнози погоди важливо для забезпечення безпеки людей під час таких природних явищ, як повені, сильні грози, торнадо, руйнівні пориви вітру та екстремальні температурні аномалії.

Можливості так званого позитивного впливу на погоду дуже обмежені, лише розсіювання туману та часткове запобігання граду – люди ще не навчилися впливати на масштабні процеси (циклони, антициклони).

Тому створення та постійне функціонування цієї системи для випередження прогнозів метеорологічних величин і явищ є одним із найважливіших завдань, що стоять перед міжнародною спільнотою.

Згідно з класичним визначенням, прогноз погоди – це науково обґрунтований погляд на майбутні атмосферні умови. Тому вислів на кшталт «За словами синоптика, обіцяють дощі...» є некоректним. Люди, які спеціалізуються на прогнозуванні, не вміють керувати погодою, а значить, не можуть нічого обіцяти.

Синоптики роблять прогнози з певною ймовірністю на основі суворих наукових методів і математичних розрахунків. Ілюстрація атмосфери Землі подано на рисунку 1.1.

Прогнозування гідрологічного станів об'єктів (таких як рівень води, витрати води, солоність річок і т.д.) тісно зв'язане із наявними умовами в земній атмосфері, і тому гідрометеорологічні прогнози, описуючи майбутній наявний стан атмосфери і гідросфери, в багатьох випадках називають неподільною єдиною системою.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

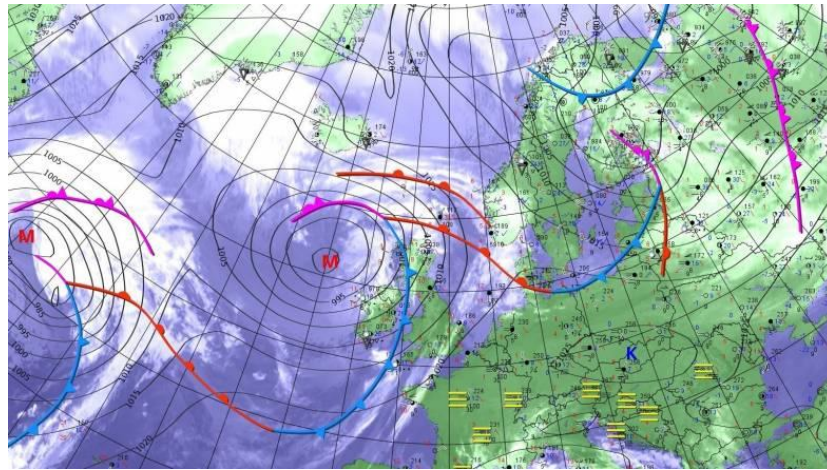


Рисунок 1.1 – Атмосфера Землі

Подібні передбачення потрібні практично всім - від простолюду до фахівців у найрізноманітніших сферах життя (моряки, військові, водії, будівельники та ін.).

Безпосередньо сам прогноз погоди прийнято ділити на загальний прогноз і професійний прогноз. Загальні прогнози публікуються в різних популярних ЗМІ. Вони несуть в собі лише найосновніші характеристики погодних умов: температуру повітря, атмосферний тиск, швидкість і напрям вітру, метеорологічні явища. Надаючи можливість зміни погодних умов на наступні дні, цей тип прогнозу призначений для загального орієнтування та допомагає людям планувати активності на найближчий час, такі як вихідні або подорожі.

Професійні прогнози часто включають в себе також галузеві вимоги. Наприклад, для авіації потрібні дані про нижню висоту хмарного покриву, видимість, обледеніння літаків, турбулентність тощо – відомості про хвилювання на морі, айсберги тощо.

Одна з ключових відмінностей між ними полягає у рівні деталізації та точності. В той час як загальний прогноз призначений для широкого споживача, тоді як професійний прогноз забезпечує більш глибоке розуміння погодних явищ і має критичне значення для тих, хто залежить від точної погодної інформації для прийняття рішень.

Корисно буде наочно побачити класифікацію прогнозів погоди по завчасності, прийняту Всесвітньою метеорологічною організацією.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Нижченаведеними критеріями керуються переважна більшість прогностичних центрів у світі:



Рисунок 1.2 – Класифікація прогнозів погоди

Числові моделі атмосфери надають велику допомогу в прогнозуванні погоди. Це дуже складні комп'ютерні програми, які передбачають майбутній стан атмосфери та її початкові умови. Для будь-якого попереднього прогнозу необхідні найбільш повні та точні дані про поточні атмосферні умови.

Нині чисельне моделювання є основним методом коротко- та середньострокового прогнозу погоди. Суть цього методу полягає у визначенні майбутньої погоди шляхом вирішення гідротермодинамічних рівнянь, пов'язаних з атмосферою. Ці рівняння дуже складні (нелінійні), тому для розв'язання їх потрібно використовувати суперкомп'ютери. Обчислювальна складність цих алгоритмів настільки висока, що вони можуть бути виконані лише на швидких і сучасних системах.

Створення та впровадження гідродинамічних моделей атмосфери в метеорологічну практику є надзвичайно складним процесом, що вимагає величезних наукових і матеріальних вкладень. Тому ці моделі розроблені та працюють лише в розвинених країнах світу (США, Канада, Німеччина, Великобританія, Японія). Національні метеорологічні служби в інших країнах часто використовують готові продукти, розраховані на основі моделей провідних погодних країн.

Погодні моделі використовують математичні рівняння для аналізу та прогнозування атмосферних процесів і змін. Погодні моделі використовують спрощену картину, або «сітку», поверхні Землі. Він схожий на дорожню карту або топографічну карту.

Погодні моделі постійно оновлюються за допомогою нових даних та вдосконалюються завдяки розвитку обчислювальної техніки та математичних методів. Вони включають широкий спектр параметрів і процесів, таких як радіаційний баланс, динаміка атмосфери, конвекція, випаровування та конденсація, і взаємодія атмосфери з океанами та землею. З кожним роком моделі стають точнішими і надійнішими, що дозволяє краще прогнозувати погодні умови і розуміти кліматичні зміни.

Наприклад, іноді для роздільної здатності моделей погоди використовується розмір сітки 12 кілометрів. Це означає, що кожна точка на моделі представляє площу 144 квадратних кілометрів (12 кілометрів x 12 кілометрів) або більше. Якщо розмір сітки менший, то точок даних буде більше. Наприклад, уявіть територію розміром 100 км x 10 км із сіткою 10 км x 10 км. Це забезпечує точнішу модель того, що станеться.

Детальні схеми популярних моделей для прогнозування погоди приведені на рисунку 1.3. Кожна окрема ділянка на рисунку показує одну і ту саму територію на карті, але з різною дистанцією дослідження. Чим більша чіткість ділянки на рисунку, тим ближче проводився замір результатів і тим кращою виходив фінальний результат.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Саме такі моделі використовуються у багатьох випадках для прогнозування погоди на найбільших метеорологічних станціях навколо світу, що дозволяє отримувати найкращі дані за обсягом та якістю.

Схема моделей прогнозування погоди (взята зі знімків Фінського Метеорологічного Інституту) подано на рисунку 1.3.

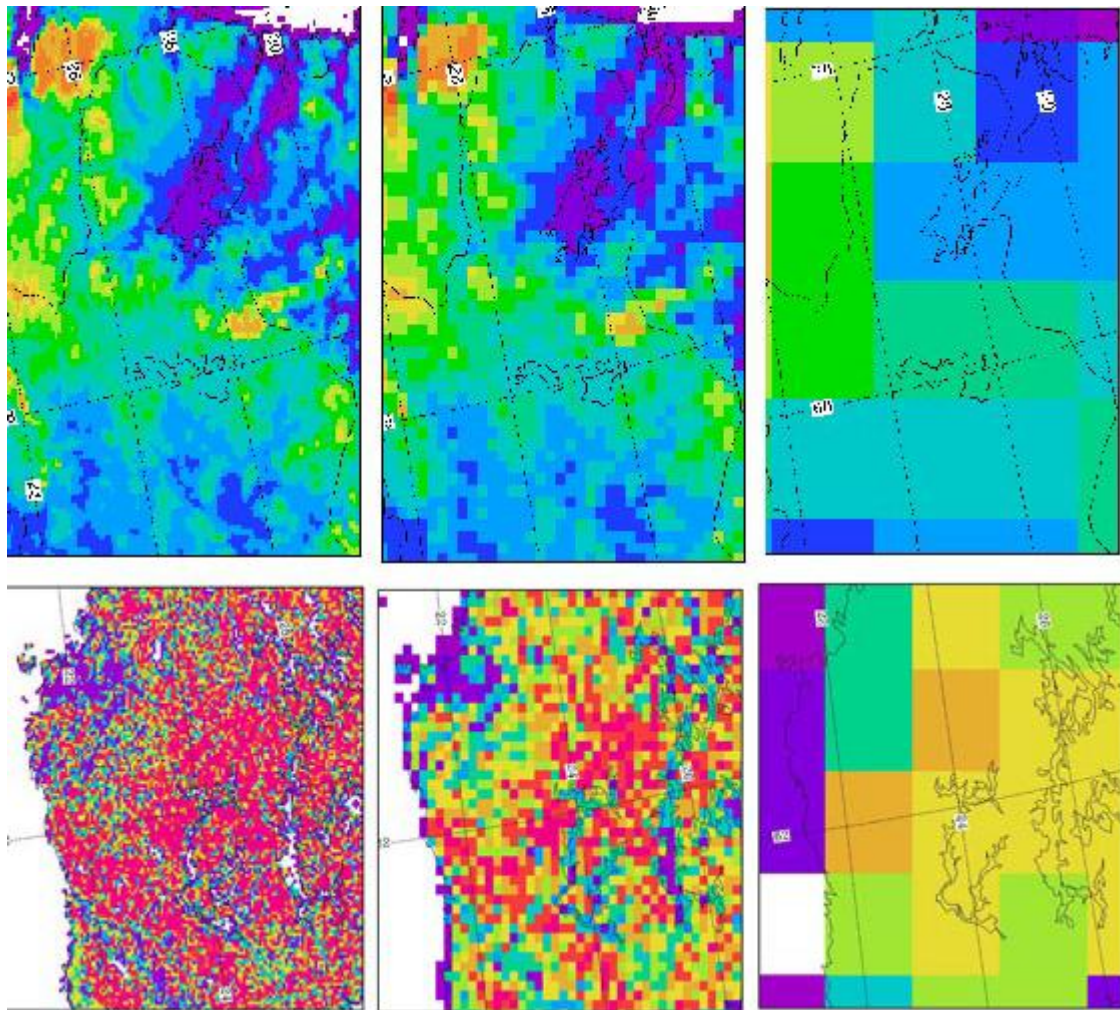


Рисунок 1.3 – Схема моделей прогнозування погоди (взята зі знімків Фінського Метеорологічного Інституту)

У деяких місцях форма і особливості поверхні рельєфу на великих площах залишаються досить постійними. У цих місцях мати великі сітки (низька роздільна здатність) не є великою проблемою. Але в областях, де особливості рельєфу часто змінюються на короткій відстані, низька роздільна здатність може

призвести до більших помилок. На зміну характеристик поверхні території може впливати багато факторів. Наприклад, вони можуть впливати на опади, температуру і навіть вітер. Великі сітки також можуть ускладнити метеорологам точне прогнозування невеликих погодних явищ. Наприклад, метеорологам важче передбачити локальні опади та грози, використовуючи великі сітки.

Ці моделі мають працювати достатньо швидко, щоб виробляти правильні прогнози настільки швидко, наскільки вони потрібні людям. Іншими словами, у цьому відношенні існує компроміс між складністю та швидкістю. Чим більше рівнянь і процесів бере участь у прогнозній моделі, тим більше часу потрібно для створення та експлуатації моделі. Наприклад, Environment Canada випускає прогнози кілька разів на день. Їхнім метеорологам потрібен час, щоб запуснути моделі та проаналізувати дані, перш ніж опублікувати наступний прогноз.

Наскільки точно можуть передбачати такі моделі? Моделі погоди є лише представленнями і наближеннями реальності. Вони не враховують усі змінні (фактори), які можуть впливати на погоду і тому не мають можливості знати все досконало. Лиш згадайте моменти, коли реальна картина на вулиці не співпадала з прогнозом погоди і одягали чи брали з собою як виявилось непотрібні речі. Ніхто Вам не скаже погоду наперед.

Дослідники ще вивчають багато процесів, що впливають на погоду, але факт залишається фактом – природа не підкоряється людині. Поки що.

Атмосферні моделі класифікуються відповідно до розміру обчислювальної області. Глобальні моделі, як випливає з назви, обчислюють метеорологічні значення для всієї земної кулі. Їх горизонтальна роздільна здатність становить близько 50 кілометрів, що достатньо для опису широкомасштабних процесів формування погоди. Серед них у метеорологічній практиці найчастіше використовуються моделі Американської глобальної системи прогнозів (GFS), Європейського центру середньострокових прогнозів (ECMWF) і німецького глобального німецького стандарту (ICON). Мезомасштабні (регіональні) моделі можуть збільшити роздільну здатність до 1-3 км за рахунок зменшення

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

обчислювальної площі країни або її регіону, тому їх можна використовувати для підготовки детальних прогнозів. Найвідомішою мезомасштабною моделлю є модель дослідження та прогнозування погоди США (WRF).

WRF — це безкоштовна модель із відкритим вихідним кодом, завдяки чому її можна використовувати не лише в публічних установах, але й у приватних метеорологічних службах, і її можна налаштувати відповідно до різних потреб.

Останнім часом з'явилися великомасштабні моделі, які за потреби мають різну просторову роздільну здатність. Наприклад, це Canada SMS (GEM). На малюнку нижче показано оновлений список кількох глобальних і регіональних моделей прогнозу з різною просторовою роздільною здатністю, математичними налаштуваннями та частотою оновлення. Карта температурного планування Європи подана на рисунку 1.4.

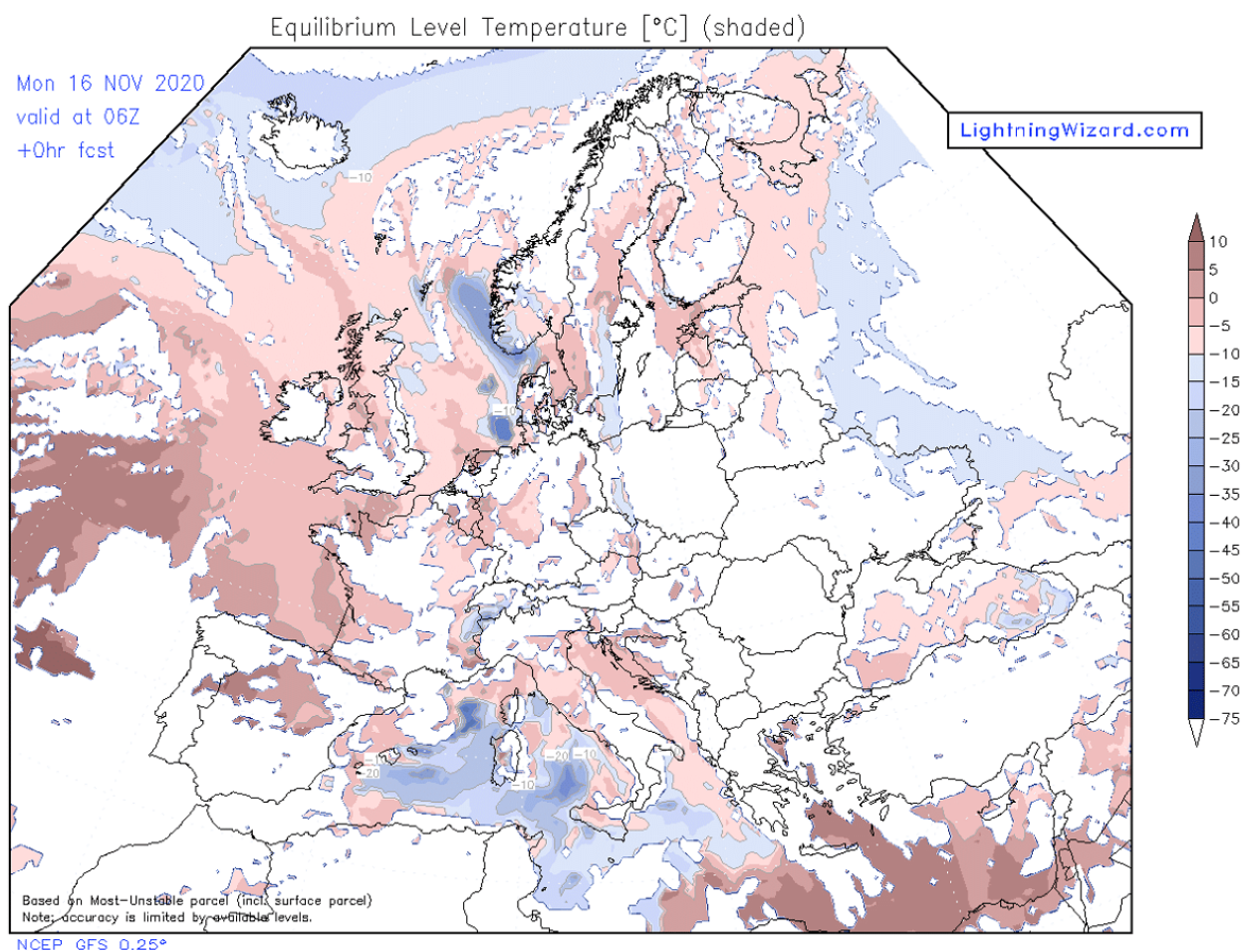


Рисунок 1.4 – Карта температурного планування Європи

Процес підготовки гідродинамічних прогнозів погоди можна умовно розділити на два етапи. Перший етап – етап підготовки. Все починається зі збору фактичних прогнозів погоди з метеостанцій, кораблів і буїв, а також радіозондування атмосфери, а потім архівування їх у пам'ять комп'ютера метеорологічного центру. Потім первинна інформація проходить контроль якості та створюється попередня база даних. Очевидно, що метеостанції, метеорологічні кораблі тощо розташовані нерівномірно, тому їхні дані інтерполюються у вузли так званої регулярної сітки – набору точок, рівномірно розподілених у просторі.

Багато областей по всьому світу (наприклад, океани, пустелі) відображаються як «білі крапки» на картах погоди, і через брак інформації широко використовуються метеорологічні супутники.

Крім того, початкові дані є результатом радіолокаційних спостережень, виявлення літаків та будь-яких інших методів, за допомогою яких можна отримати початкову інформацію про стан атмосфери. Усі ці зв'язки утворюють глобальну систему спостереження, як показано на рисунку. Кінцевим результатом підготовчого етапу є об'єктивний аналіз метеорологічних змінних.

Другим етапом чисельного моделювання атмосферних процесів є власне гідродинамічний прогноз. На основі об'єктивного аналізу модель розраховує тенденцію зміни метеорологічних значень за короткий період приблизно 10 хвилин.

Отримана картина погоди є основою для розрахунку наступної тенденції, і процес повторюється знову і знову. У більшості метеорологічних центрів максимальний час виконання модельних прогнозів становить 1-2 тижні.

Оперативність прогнозування погоди важлива тим, що після тривалої підготовки прогноз втрачає свою практичну цінність. Щоб скоротити час роботи машини, багато складних фізичних процесів апроксимуються.

Результати гідродинамічного моделювання поширюються в гідрометцентри у вигляді графічної інформації (карти, таблиці та діаграми). Однак у прогнозистів завжди є можливість виконувати складні розрахунки на персональному

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

комп'ютері з використанням числових прогнозів у сирому (закодованому) вигляді. Варто відзначити, що інтернет-ресурси останнім часом надають відкритий доступ до модельних даних, і їх колекції не дуже відрізняються від даних, доступних в прогнозних організаціях. Це робить його доступним для всіх, хто хоче наблизитися до науки про погоду.

1.2 Аналіз програмно-апаратного забезпечення обробки інформації в наявній кіберфізичній системі

На даний момент існує багато хмарних сервісів для зберігання власної інформації, які також не гарантують цілісність ваших даних і до того ж зберігають їх на власному носії, що є не дуже зручним варіантом.

Найважливішою особливістю та перевагою глобальних погодних умов є те, що, як випливає з назви, вони охоплюють всю планету. Це означає, що незалежно від того, де ви знаходитесь, навіть на невеликому острові в Океанії, ви можете отримати прогноз погоди для цього регіону з одного з них. Вони добре описують явища синоптичного масштабу, такі як осінні дощі або сильні снігопади взимку, але вони погано передбачають явища, пов'язані з літньою конвекцією: локальні зливи, грози та град.

Загалом глобальні моделі погоди можуть програвати окремим локальним моделям щодо якості або деталізації прогнозу. Це легко пояснити, оскільки погоду часто важко передбачити, тому чим більшу площу потрібно охопити, тим складніше це стає. навпаки. Проте всі чисельні розрахунки локальних моделей починаються з глобальних прогнозів.

Існує менше глобальних моделей, ніж регіональних. Три основні моделі у світі: GFS у Сполучених Штатах, ECMWF та ICON у Європі.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.2.1 Модель для прогнозування погоди ЄЦПП (Центр вимірювань в Європі– ECWF)

ECWF є популярною моделлю глобального прогнозу в Європі, яку багато прогнозистів вважають найкращою та найнадійнішою моделлю, доступною на сьогодні. У своєму алгоритмі він використовує концепцію під назвою «4D», яка є типом асиміляції, що дозволяє безперервно оновлювати модель у міру появи нових супутників або інших вхідних даних. Відомо, що ECWF є єдиною моделлю, яка точно передбачила, куди рухатиметься ураган Сенді в Північній Америці. В межах України модель також довела свої переваги, особливо в прогнозуванні температури повітря, атмосферного тиску, метеорологічних параметрів у вільній атмосфері та ймовірності гроз. Однак розрахунок кількості та ймовірності опадів є слабким місцем нашого регіону.

1.2.2 Модель прогнозування погодних умов GFS (Глобальна система).

GFS (Global Forecast System) — найвідоміша глобальна модель погоди, розроблена Національним управлінням океанічних і атмосферних досліджень США (NOAA). Частота оновлення моделі становить 6 годин, а просторова роздільна здатність — 27 кілометрів. GFS фактично складається з 4 окремих моделей, які працюють разом, щоб створити найточнішу картину погодних умов: моделі атмосфери, океану, землі/грунту та морського льоду. Однак він не враховує форму рельєфу та берегової лінії, тому не дуже точний для місць поблизу водойм.

Більш ефективний для океанських просторів, лісистих районів і пустель. «GFS+» — інша версія тієї ж моделі. У той час як стандарт GFS27 інтерполуює дані для кожної точки квадрата 27 км x 27 км, версія GFS+ завжди показує максимальне значення прогнозованого параметра в кожному квадраті.

В Україні модель GFS вважається основною та найпоширенішою. Він чудово прогнозує об'єкти синоптичного масштабу, параметри вітру та

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

температуру повітря. Він має велику кількість доступних індексів нестабільності, які дуже допомагають у прогнозуванні небезпечних конвективних явищ протягом літа, таких як шторми, град, локальні зливи та навіть торнадо.

1.2.3 Модель погоди ICON (Icosahedral Nonhydrostatic)

ICON був розроблений Німецьким метеорологічним офісом (Deutscher Wetterdienst) і, як правило, вважається в деяких аспектах більш точним, ніж ECMWF через його вищу роздільну здатність (7–13 км, залежно від версії моделі), хоча лише в Європі. Найважливішими змінними ICON є щільність повітря та віртуальна потенційна температура, горизонтальна та вертикальна швидкість вітру, відносна вологість, вміст вологи в атмосфері та фаза опадів. Одним із його компонентів є модель COSMO, яка була повністю інтегрована в ICON у 2020 році.

В Україні модель цінують за хороший прогноз температур, поривів вітру, туманів і ймовірності гроз, а також деяких конвективних явищ. Також корисно «побачити» на картах погоди динаміку зростання зимового снігового покриву та положення атмосферних фронтів.

1.2.4 Модель UKMO (Бюро метеорологічних досліджень Сполученого Королівства)

Зазвичай записується в коротшій формі як модель UM (уніфікована). Розроблено у Великобританії. Він має крок прогнозу 3 години та оновлюється кожні 12 годин до 3 днів наперед. Є дві версії - для Великобританії (роздільна здатність лише 1,5 км) і для інших країн (роздільна здатність 10 км). UKMO/UKMET є найнадійнішою моделлю у Великобританії завдяки високому рівню деталізації.

Глобальна версія цієї моделі є основою для деяких регіональних дрібномасштабних моделей (наприклад, Нова Зеландія). В Україні модель зазвичай використовується для прогнозування шарувато-щільної низької

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

хмарності, туману та серпанку, а також (у деяких випадках) температури повітря. Його слабка сторона полягає в прогнозі опадів, який часто завищений у 2, а то й у 3 рази.

1.2.5 Модель GEM (Global Multiscalable Prediction Model)

Модель, розроблена Канадським метеорологічним центром (СМС), має просторову роздільну здатність 25 кілометрів для всієї Землі та 2,5 кілометри для території Канади. В Україні він зарекомендував себе позитивно з точки зору прогнозування зимових температур в умовах антициклональної циркуляції та нічного радіаційного похолодання, а також впливу снігового покриву на мінімальні температури в Україні. поверхневий шар.

1.2.6 Система прогнозування клімату - CFS (Climate Forecast System)

CFS — це глобальна числова модель, розроблена Національними центрами моніторингу навколишнього середовища США (NOAA/NCEP). Він має просторову роздільну здатність 108 кілометрів і частоту оновлення 4 рази на день. Модель має максимальний прогнозний період 9 місяців. Відображення тенденцій зміни метеорологічних полів у місячному, кварталному та піврічному масштабах. Такі високі показники передчасних пологів можуть мати погане прогностичне значення, але виглядають привабливими для довгострокових місячних і сезонних прогнозів.

Загалом, існує ще багато варіантів глобальних прогностичних моделей, кожна з яких застосовується для вирішення окремого завдання, але вони суттєво поступаються в релевантності та корисності для звичайної людини.

Крім глобальних моделей, існують також регіональні моделі, які виконують розрахунки для обмежених площею територій, де розмір кроку сітки зазвичай становить 1-3 км. Прогнози з регіональних моделей більш точні, але їх не можна використовувати відразу для всієї планети: обчислення обмежені потужністю

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

комп'ютера та часом. Таким чином, змінюється розмір області або розмір горизонтального кроку моделі. Схема прогностичних моделей подано на рисунку 1.5 .

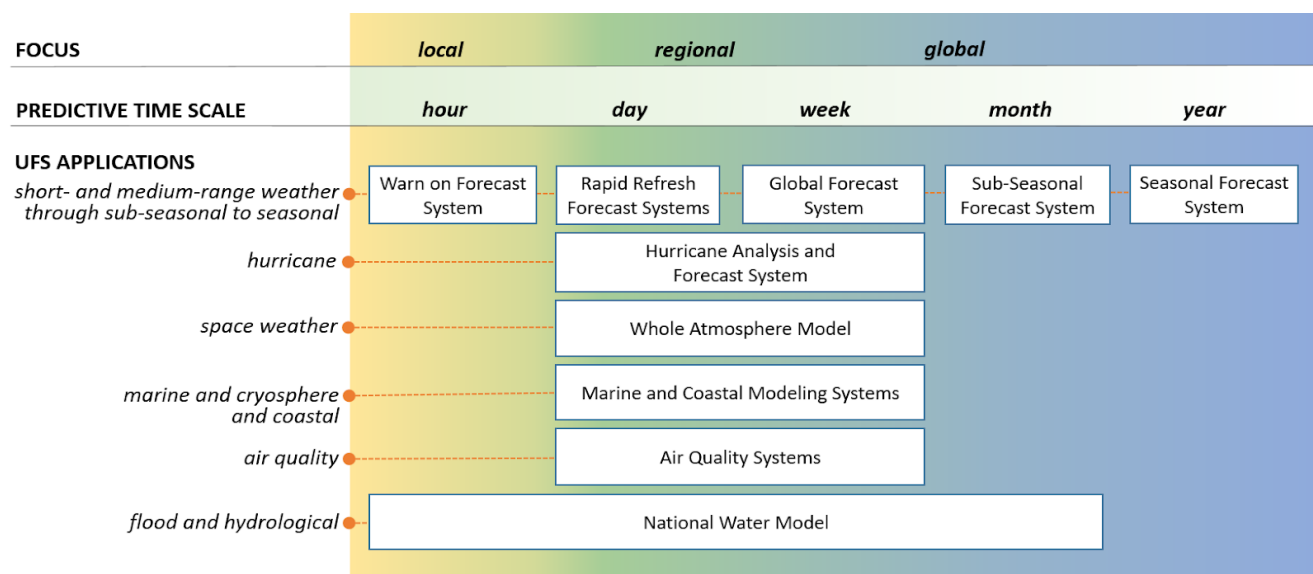


Рисунок 1.5 – Схема прогностичних моделей

Неможливо обчислити модель глобально в детальних кроках - це дуже дорого і вимагає величезної обчислювальної потужності. Наприклад, якщо вам потрібен прогноз погоди спеціально для купання в Середземному морі або альпінізму в Швейцарії, найкраще дивитися його за допомогою однієї з місцевих моделей для даного регіону. (Хоча це не означає, що прогнози на основі глобальної моделі обов'язково гірші). Регіональних погодних умов набагато більше, ніж глобальних. Три основні регіональні моделі: NAM і HRRR у Сполучених Штатах і WRF, Skiron і HIRLAM у Європі. але є багато інших.

З перерахованих вище моделей особливу увагу слід звернути на WRF (Weather Research and Forecasting). Вона з'явилася на світ ще у 1980-х роках як результат спільних зусиль кількох агенцій та лабораторій у всьому світі.

Це кодова база для подальшої обробки числових прогнозів. Він використовується у всьому світі та може враховувати місцеву географію та рельєф місцевості, що робить його найбільш «гнучким» та доступним серед

інших моделей. Він має багато різних фізичних параметрів і вимагає багато ресурсів обробки. Відстань відправлення становить від 0,5 до 8 кілометрів, а максимальний час виконання – три доби. Багато установ у різних країнах використовують WRF як основу для розробки своїх регіональних моделей.

У деяких метеослужбах прогнозна інформація базується на автоматизованому спільному аналізі кількох моделей, так званих комплексних прогнозах – у цьому випадку якість продукту значно покращується. У деяких проектах до перегляду прогнозів залучаються синоптики. Але більшість джерел прогнозних даних існують без участі прогнозистів — лише модельні розрахунки.

У сфері прогнозування погоди справи не стоять на місці, галузь постійно розвивається. Наприклад, впровадження обчислень на графічних процесорах призводить до зниження витрат на обчислення. Або використовувати принципово інші системи на основі штучного інтелекту та методів навчання нейронних мереж.

Для прикладу наведу кілька найпопулярніших сервісів прогнозування погоди, які також застосовують серверну систему для збору та аналізу метеорологічних даних:

1. Sinoptik.ua.
2. Gismeteo.ua.

Sinoptik.ua - це популярний український онлайн-сервіс, який надає користувачам інформацію про погодні умови, прогнози, кліматичні дані та інші метеорологічні параметри. Сервіс надає користувачам можливість переглядати денні, щотижневі та місячні прогнози погоди для різних регіонів України та світу. Прогнози включають в себе інформацію про температуру, вологість, швидкість вітру, опади та інші погодні умови.

Sinoptik.ua пропонує інтерактивні карти, на яких користувачі можуть переглядати різні метеорологічні показники, такі як температура, вологість, атмосферний тиск тощо, для різних регіонів. Також, користувачі можуть отримати доступ до кліматичних даних, що дозволяє їм досліджувати погодні тенденції та зміни в певному регіоні протягом тривалого періоду.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Цей сервіс по праву являється одним з найпопулярніших засобів інформування про погодні умови в найближчий час, особливо через свою зручність та простоту.

Клієнтська частина сервісу Sinoptic подано на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Клієнтська частина сервісу Sinoptic

Даний сервіс є зручним та надійним джерелом інформації про погоду, яке надає широкий спектр функцій для задоволення потреб користувачів щодо метеорологічних даних.

Gismeteo.ua - це не менш популярний український онлайн-сервіс, який дозволяє своїм користувачам дізнаватися інформацію про погодні умови, прогнози, кліматичні дані та інші метеорологічні параметри. Сервіс надає користувачам можливість переглядати денні, щотижневі та місячні прогнози погоди для різних регіонів України та світу. Прогнози включають в себе інформацію про температуру, вологість, швидкість вітру, опади та інші погодні умови.

Сучасні системи прогнозування погоди мають кілька значущих переваг. Вони використовують складні математичні моделі та алгоритми, що дозволяють підвищити точність прогнозування. Крім того, такі системи забезпечують швидке

оновлення інформації про погодні умови, що дозволяє оперативно надавати користувачам актуальні дані.

Це особливо важливо для надання користувачам точної та своєчасної інформації про погоду, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо планування активностей, маршрутів та безпеки. Такі системи також підтримують різноманітні формати візуалізації даних, що сприяє зручному доступу користувачів до прогнозів погоди через різні платформи і пристрої.

Сучасні системи прогнозування погоди також інтегрують різноманітні джерела даних, включаючи супутникові знімки, метеорологічні станції, датчики на поверхні та моделі клімату, що дозволяє забезпечувати більш повний обсяг інформації для аналізу та прогнозування погоди в різних регіонах світу. Тому такі системи також можуть враховувати комплексні метеорологічні явища, такі як урагани, циклони та інші природні катастрофи, що дозволяє попереджати населення і зменшувати ризики.

Системи з прогнозування погоди слугують важливим інструментом в житті та побуті сучасної людини.

1.4 Висновки

У межах розділу 1 я провів детальний аналіз структурних та функціональних елементів та особливостей кіберфізичної системи прогнозування погоди, а саме її серверної частини. Я здійснив аналіз апаратного устаткування обробки вхідної інформації у різних системах прогнозування погоди та дослідив наявні моделі сучасних рішень. Я здійснив постановку задачі та порівняв її з уже наявними рішеннями.

Теперішній стан в сервісах з прогнозування погодних умов не вирізняється індивідуальністю, але виконує свою основну задачу. Хоча, як і в будь-якій сфері, перспективи для покращення та оптимізації завжди є.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Незважаючи на значні переваги, сучасні системи прогнозування погоди також мають певні недоліки:

– Недостатня точність на довгостроковий період через що точність прогнозів може значно знижуватися через складність передбачення довготривалих погодніх умов та змін у природних процесах.

– Неможливість передбачення несподіваних подій та змін, так як такі системи можуть мати обмежену здатність передбачати різкі зміни погоди, такі як затяжні дощі або негода, які можуть виникати неочікувано і суттєво впливати на точність прогнозування.

– Вони залежні від якості та актуальності вхідних даних, таких як дані з метеорологічних станцій, супутникові знімки та інші джерела. Неправильне або неповне зібрання даних може призвести до неточностей у прогнозах..

– Для таких систем проблемою є наявність різних географічних особливостей. Вони мають неповноцінну здатність прогнозувати погоду в регіонах з складною географією або в місцях зі специфічними метеорологічними умовами.

Ці недоліки показують, що прогнозування погоди є складним завданням з яким сучасні рішення не завжди в силах впоратися.

Вони потребують постійного вдосконалення з урахуванням різноманітних факторів та явищ - задача з якою даний дипломний проєкт намагається розібратися.

2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ОБРОБЛЕННЯ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У СИСТЕМІ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ (СЕРВЕРНА ЧАСТИНА)

2.1 Визначення апаратних і програмних підсистем програмно-технічного засобу

Основна розробка кіберфізичної системи поділяється на 2 частини: побудова серверної функціональної частини, що прогнозуватиме погодні умови, та реалізацію методів виводу та обробки вхідних даних.

Програмний застосунок спроектований та розроблений згідно шаблону проектування MVC (Model, View, Controller).

MVC – це архітектурний шаблон, що широко використовують для проектування та розробки веб-програм та сервісів.

Стандартну модель MVC подано на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Стандартна модель MVC

Цей шаблон передбачає поділ системи на три взаємопов'язані частини: модель даних, представлення (інтерфейс користувача) і модуль керування. Кожна частина має своє призначення. Перша частина (Model) містить всю бізнес-логіку програми.

Model є найбільш незалежною частиною системи, яка не знає про існування View і Controller.

Друга частина (View) відповідає за відображення всіх даних користувачеві. Усе, що може побачити користувач програми, отримується якраз завдяки інтерфейсу користувача. При цьому View надає інформацію з Моделі у зручному

форматі. Останньою частиною є модуль керування або Controller. В цій частині зберігається код, який відповідає за обробку всіх дій користувача. Саме через Контролер користувач вносить зміни до Моделі.

Отже, наша мета поділ системи на модулі.

Можемо поділити це на три кроки:

Крок 1. Відокремлення бізнес-логіки від інтерфейсу користувача:

- Система розбивається на два модулі: модуль бізнес-логіки (Модель) та модуль інтерфейсу користувача.
- Модель реалізує основний функціонал програми, будучи ядром системи.
- Інтерфейс користувача включає відображення даних і логіку взаємодії з користувачем.

Крок 2. Використання шаблону Спостерігач:

- Мета полягає у забезпеченні незалежності Моделі та синхронізації інтерфейсів користувача.
- Модель розсилає повідомлення про зміни всім передплатникам (виду та контролеру).
- Інтерфейс, будучи передплатником, отримує повідомлення та оновлюється.

Крок 3. Поділ інтерфейсу на Вид та Контролер:

- Інтерфейс користувача ділиться на вид (відображення даних) та контролер (обробка дій користувача).
- Вид відповідає за виведення інформації користувачеві.
- Контролер відповідає за введення даних користувача в систему.

Виходячи з вищенаведеного та дотримуючись принципів MVC, складну систему слід розділяти на модулі:

- Модель – це найбільш незалежна частина, ядро системи.
- Інтерфейс – це розділений на вид (для відображення даних) і контролер (для обробки дій користувача).

Завдяки цьому підходу можна розробляти та тестувати кожен модуль незалежно, забезпечуючи високу гнучкість та масштабованість системи. Саме тому основна мета шаблону MVC — це гнучкий дизайн програмного забезпечення, який повинен полегшувати подальші зміни чи розширення програм, а також надавати можливість повторного використання окремих компонентів програми.

Крім того використання цього шаблону у великих системах сприяє впорядкованості їхньої структури та робить їх більш зрозумілими шляхом зменшення складності.

Модель системи складається з класів InitialMeteoData, UserData, ComputedData які містять в собі моделі та логіку обробки даних.

Контролер MainController відповідальний за обробку усіх HTTP-запитів, які є дозволеними для користувача. Всі запити подано у Таблиці 2.1.

Вигляд клієнтської системи складається лише з кількох сторінок, більше і не треба, так як більшість логіки застосунку функціонує на сервері, подалі від людських очей:

- StartPage, початкова точка входу в додаток, сторінка де користувач вводить початкові дані, вибирає місцезнаходження та параметри для проведення бажаного прогнозування погодніх умов.

- ResultsPage, в черзі друга після головної, але головна за змістом. Сторінка на якій виводиться результат обчислених значень та детальний опис погоди.

Для створення кожного з модулів були використані технології, що не залежать від конкретної операційної системи чи апаратної платформи, тому вони можуть виконуватися для практично будь-якої з них.

Серверний інтерфейс програмної системи з базовою веб-структурою для виводу і вводу даних виглядає наступним чином:

- Views (шаблони сторінок).
- Index.js (розгортання системи на сервері).

- Models (класи логіки).
- Controllers (контролери).
- Routes (веб-маршрутизація).

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.1 – Опис запитів

Шлях	HTTP-метод доступу	Функція
/	GET	Відповідає за відображення головної сторінки програми. Початкова точка входу в програму
/changeParams	POST	Асинхронний POST запит до серверу для зміни параметрів прогнозування погоди (асинхронний значить, що сторінка після запиту не перезавантажуватиметься)
/reset	DELETE	Запит до серверу видалити всі наявні і оброблені метеорологічні дані в базі даних. Після цього користувач переадресовується на головну сторінку за маршрутом “/”.
/setInitialData	POST	Асинхронний POST запит до серверу для початку прогнозування погоди. Використовується щоразу, як користувач визначає нове місцезнаходження для прогнозування погоди
/getResults	POST	Асинхронний POST запит до серверу для отримання результатів прогнозу погоди та роботи кіберфізичної системи.

Шаблони сторінок написані на шаблонізаторі Jade, що утворюють безпосередній, простий та доступний інтерфейс для кінцевого користувача, приймаючи вхідні дані, відображаючи їх та сприймаючи відповіді.

Більшість обчислень наявних даних обчислюється в скриптах типу Controller, а далі взаємодіють з Views та Models модулями для успішної роботи системи.

В результаті, інтерфейс створеної системи має достатньо просту структуру, яка відображає функціонал, легкий в розумінні та доступний кінцевому користувачу.

2.2 Детальний опис моделей метеорологічних даних

Кожний тип метеорологічних даних матиме ідентичний відповідник, як сутність Model в архітектурі MVC.

Усі модулі прямо залежатимуть один від одного і в комплексі працюватимуть як одне ціле даної кіберфізичної системи. Між модулями існує швидка та ефективна комунікація, створена для забезпечення безпроблемного користування системою у користувачів.

Модулі один за одним будуть під'єднуватися до роботи в алгоритмах системи, одразу після першого запуску застосунка користувачем і визначення початкових координат. Вся суть функціонування дипломного проєкту прогнозування погоди складається з наступних основних компонентів:

- Модуль збору даних.
- Модуль обробки даних.
- База даних.
- API для доступу до даних.
- Модуль моніторингу та логування.
- Модуль виводу (сторона клієнту).

Блок-схема функціонування модулів подано на рисунку 2.2.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		29

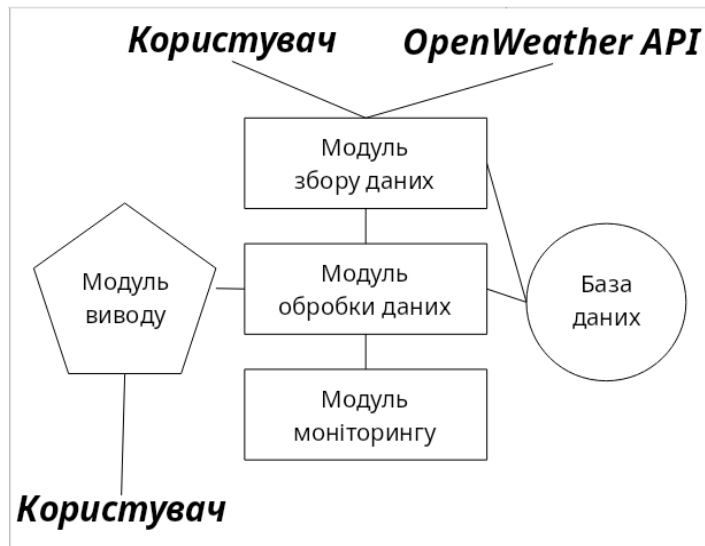


Рисунок 2.2 – Блок-схема функціонування модулів

2.2.1 Модуль збору даних

Система прогнозу погоди включає кілька ключових компонентів, основною функцією яких є модуль збору даних. Це модуль, який відповідає за отримання даних про погоду від Weather API та їх зберігання. Він обробляє отримані дані в стандартний формат і зберігає необроблені дані в базі даних для подальшої обробки.

2.2.2 Модуль обробки даних

Після отримання даних від API погоди в роботу вступає модуль обробки даних. В його основі лежить виконання основних завдань і функцій систем кіберфізичного прогнозування погоди. Такі завдання, як обробка й уточнення даних, видалення непотрібних і зайвих значень і розміщення даних в окремих представленнях і наборах даних. Він перетворює дані в необхідний формат, зручний для розуміння користувача.

2.2.3 База даних

База даних є ключовим гравцем у цій кіберфізичній системі та використовується для зберігання всіх метеорологічних даних, включаючи початкові набори даних, оброблені дані та результати подальших прогнозів. Основою стане реляційна база даних для зберігання структурованих даних, перетворених із JSON у формат, зручний для реляційних баз даних. Нереляційні бази даних дозволяють зберігати великі обсяги даних, які є JSON-масивами прогнозів погоди, але для економії ресурсів ми вирішили використовувати Microsoft Sql.

Microsoft SQL (MsSql) - це система управління реляційними базами даних, яка підтримує широкий спектр транзакційної обробки, бізнес-аналітики та застосувань для аналізу даних у корпоративних IT-середовищах і тому чудово підійде для застосування в системі з прогнозування погодних умов.

Microsoft SQL Server побудований на основі мови структурованих запитів (SQL), стандартизованої мови програмування, яку адміністратори баз даних та інші IT-фахівці використовують для управління базами даних та запитів даних, що вони містять. SQL Server пов'язаний з Transact-SQL, мовою запитів від Microsoft, яка дозволяє додаткам і інструментам спілкуватися і підключатися до екземпляра або бази даних SQL Server.

Між стандартною мовою SQL та MsSql невелика різниця в вигляді запитів та алгоритмі роботи.

SQL Server в основному побудований навколо рядкової структури таблиць, яка з'єднує пов'язані елементи даних у різних таблицях між собою, уникаючи необхідності дублювати дані в різних місцях бази даних. Реляційна модель також забезпечує референтну цілісність та інші обмеження цілісності для підтримки точності даних. Ці перевірки, що є частиною ширшого дотримання принципів атомарності, узгодженості, ізоляції та стійкості, допомагають забезпечити надійну обробку транзакцій бази даних.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Основним компонентом SQL Server є Database Engine, який контролює зберігання, доступ, обробку та безпеку даних. До 50 екземплярів Database Engine можна налаштувати на одному комп'ютері. Він включає реляційний рушій, що обробляє команди та запити, і рушій зберігання, що управляє файлами бази даних, таблицями, сторінками, індексами, буферами даних та транзакціями. Збережені процедури, тригери, подання та інші об'єкти бази даних також створюються та виконуються Database Engine.

Для підключення до Database Engine потрібна клієнтська бібліотека або клієнтський інструмент з принаймні однією клієнтською бібліотекою, що працює в графічному інтерфейсі користувача або командному інтерфейсі. Під час підключення необхідно надати інформацію про ім'я екземпляра, де встановлено Database Engine. Користувачі також можуть додатково надати інформацію про мережевий протокол та порт підключення.

2.2.4 API для доступу до даних

API використовуватиметься для надання доступу до оброблених і необроблених даних зовнішнім користувачам та іншим подібним системам. Ці інтерфейси дозволять передавати всю інформацію за допомогою простих запитів.

2.2.5 Модуль моніторингу та логування

Для забезпечення тривалої стабільної роботи системи використовується модуль моніторингу та запису. Цей модуль призначений для моніторингу поточного стану системи в режимі реального часу за допомогою різних інструментів, доступних веб-розробникам. Крім того, ця функція включатиме реєстрацію подій і помилок із допомогою, а також сповіщення про критичні події та системні збої.

2.2.6 Модуль виводу

Для забезпечення інтерактивності системи для користувача використовується модуль виводу. Це набір команд та програм на стороні клієнта, що виводитиме користувачу усю доступну в базі інформацію в зрозумілому вигляді.

2.3 Опис функціонального призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу, їх взаємозв'язок обчислення та обмін даними

Початковим кроком в усій екосистемі застосунку є вибір бажаних координат для проведення дослідження.

Найкращим та найуніверсальнішим вибором для вирішення даної ситуації є Google Maps, проте головним його недоліком є його ціна та недоступність для загальної аудиторії, тому в ході підготовки до виконання роботи було обрано веб-бібліотеку Leaflet.

Leaflet — це бібліотека JavaScript, яка використовується для створення веб-додатків для картографії. Вона дозволяє розробникам без досвіду в ГІС відображати тайлові веб-карти, розміщені на публічному сервері, з можливістю додавання тайлових накладок. Leaflet може завантажувати дані об'єктів з файлів GeoJSON, стилізувати їх та створювати інтерактивні шари, такі як маркери з спливаючими вікнами при натисканні.

Вперше випущена в 2011 році, вона підтримує більшість мобільних та настільних платформ, що підтримують HTML5 та CSS3 і працює за принципом open-source.

Кіберфізична система після затвердження бажаних координат буде оперувати з метеорологічними даними OpenWeather API, open-source API для отримання найрізноманітніших показників та вимірювань погодніх умов по усьому світу.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 2.4. приведено приклад вигляду застосування бібліотеки Leaflet на практиці.

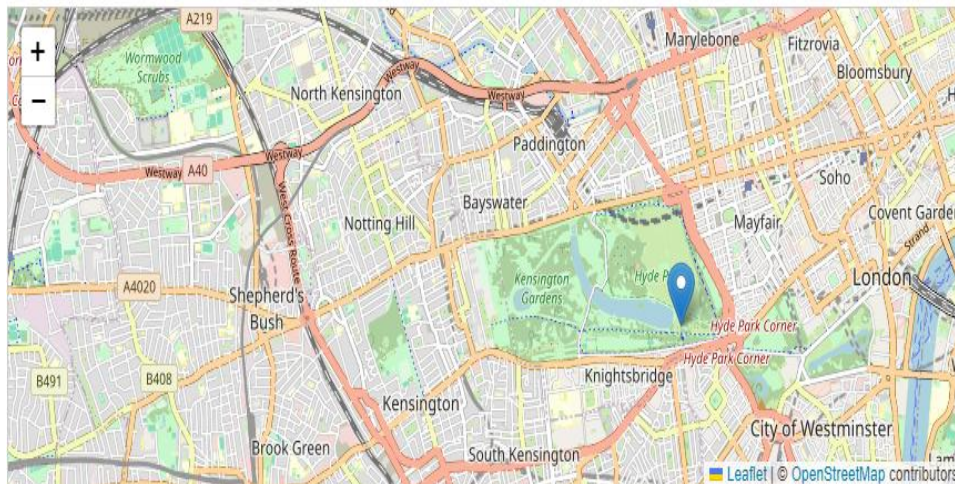


Рисунок 2.4 – Вибір координат на мапі Leaflet

Таким чином обирається місце визначення прогнозування погоди (показано звернення до API, рисунки 2.5-2.6).

```
https://pro.openweathermap.org/data/2.5/forecast/climate?lat={lat}&lon={lon}&appid={API key}
```

Рисунок 2.5. Приклад виклику API

```
"city": {
  "id": 3163858,
  "name": "Zocca",
  "coord": {
    "lon": 10.99,
    "lat": 44.34
  },
  "country": "IT",
  "population": 4593,
  "timezone": 7200
},
```

Рисунок 2.6. Дані від API згідно координат

Дані відправляються та надходять у вигляді JSON, що можна спостерігати на рисунку 2.6. Це початкові дані без яких система не буде навіть функціонувати, без розуміння того в якій частині світу проводити прогнозування погоди.

Далі в залежності від вибраного періоду для прогнозування погоди, серверна частина система отримає по API метеорологічні дані у наступному форматі (таблиця 2.2).

Наступною дією буде очищення та агрегація даних.

Модуль обробки даних очищатиме отримані дані та видалятиме некоректні та непотрібні по ходу роботи значення, а також збиратиме дані з різноманітних джерел, створюючи найоптимальнішу модель для чіткого прогнозування погоди в нашій кіберфізичній системі.

Таблиця 2.2. Необроблені метеорологічні дані

1.	DT (дані спостереження)	Точний час збору метеорологічних даних для вибраного місцезнаходження
2.	PRESSURE (атмосферний тиск)	Атмосферний тиск залежно від рівня моря, вимірюється в Паскалях. Один з найважливіших параметрів в обчисленнях даної кіберфізичної системи
3.	HUMIDITY (вологість повітря)	Вологість повітря в %
4.	SPEED (швидкість вітру)	Швидкість вітру в одиницях вимірювання метри за секунду
5.	DEG (напрямок вітру)	Це значення напрямку вітру в метеорологічних градусах
6.	CLOUDS (хмарність)	Хмарність в вибраній точці координат, вимірюється в %
7.	RAIN (опаді дощу)	Значення опадів дощу, вимірюється в міліметрах річних

8.	SNOW (опаді снігу)	Значення опадів снігу, вимірюється в міліметрах річних
9.	SUNRISE (схід сонця)	Точний час сходу сонця
10.	SUNSET (захід сонця)	Точний час заходу сонця
11.	TEMP.MIN (температура мінімальна)	Мінімальне денна температура. Вимірюється в градусах Цельсія
12.	TEMP.MAX (температура максимальна)	Максимальна денна температура. Вимірюється в градусах Цельсія

Дані переформатовуватимуться у такий формат, який буде зручний та необхідний для моделювання та аналізу наших прогнозів. Для прикладу, JSON об'єкт з метеорологічними показниками:

```
{
  "coord": {
    "lon": 30.5167,
    "lat": 50.4333
  },
  "main": {
    "temp": 21.56,
    "temp_min": 21.51,
    "temp_max": 23.14,
    "pressure": 1011,
    "humidity": 75
  },
  "wind": {
    "speed": 0.89,
```

```
        "deg": 117,  
        "gust": 3.13  
    },  
    "clouds": {  
        "all": 45  
    },  
    "dt": 1719246810,  
    "timezone": 10800,  
    "id": 703448,  
    "name": "Kyiv",  
}
```

Далі за списком іде найважливіший етап роботи: прогнозування погоди.

Багато метеорологічних даних можна отримати з відкритих джерел і по API та наступні показники кіберфізична система буде визначати на стороні сервера.

2.3.1 Обчислення індексу спеки:

Обчислення індексу спеки є уточненням результату, отриманого методом множинного регресійного аналізу, виконаного Лансом П. Ротфусом і описаного в Технічному додатку Національної метеорологічної служби (NWS) у 1990 році (SR 90-23).

Індекс спеки, також відомий як сприймана температура, це те, як тіло відчуває температуру, коли відносна вологість поєднується з температурою повітря. Це важливо для комфорту людини. Коли тіло перегрівається, воно починає потіти, щоб охолотитися. Якщо піт не може випаровуватися, тіло не може регулювати свою температуру.

Ось чому важливо визначати індекс спеки по ходу прогнозування будь-яких погодніх умов. Регресійне рівняння Ротфуса для визначення індексу спеки виглядає так:

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
 HI = & -42.379 + 2.04901523 T + 10.14333127 RH - 0.22475541 T * RH \\
 & - 0.00683783 T^2 - 0.05481717 RH^2 + 0.00122874 T^2 RH \\
 & + 0.00085282 T(RH)^2 - 0.00000199 T^2(RH)^2,
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

де HI – індекс спеки, виражений як очевидна температура в градусах Фаренгейта;

T — це температура в градусах Фаренгейта;

RH — відносна вологість у відсотках.

Якщо RH менше 13% і температура знаходиться в діапазоні від 80 до 112 градусів Фаренгейта, то від HI віднімається наступне коригування:

$$ADJUSTMENT = [(13-RH)/4]*SQRT\{[17-ABS(T-95.)/17]\}
 \tag{2.2}$$

де ABS та SQRT є функціями модуля та квадратного кореня відповідно. З іншого боку, якщо RH більше 85% і температура знаходиться в діапазоні від 80 до 87 градусів Фаренгейта, то до HI додається наступне коригування:

$$ADJUSTMENT = [(RH-85)/10] * [(87-T)/5]
 \tag{2.3}$$

Регресія Ротфуса не підходить, коли умови температури та вологості вимагають значення індексу спеки нижче приблизно 80 градусів Фаренгейта. У таких випадках застосовується простіша формула для обчислення значень, які узгоджуються з результатами Стедмана:

$$HI = 0.5 * \{T + 61.0 + [(T-68.0)*1.2] + (RH*0.094)\}
 \tag{2.4}$$

На практиці спочатку обчислюється проста формула, а результат усереднюється з температурою. Якщо значення індексу спеки становить 80 градусів Фаренгейта або вище, застосовується повне регресійне рівняння разом з будь-яким коригуванням, описаним вище.

Регресія Ротфуса не є дійсною для екстремальних температурних умов та відносної вологості, що виходять за межі діапазону даних, розглянутих Стедманом.

2.3.2 Обчислення точки роси

Точка роси - це температура, при якій насичене вологою повітря починає конденсуватися. Це відбувається, коли повітря охолоджується до температури, при якій відносна вологість досягає 100%. При такій температурі повітря не може утримувати всю вологу, і на поверхні починає утворюватися роса або іній.

Вимірювання точки роси є важливим параметром у метеорології, кліматології та системах опалення. Він дозволяє визначити вологість повітря і попереджає про можливе утворення конденсату, особливо в холодних умовах.

Вологість/ температура	40%	45%	50%	55%
-5°C	-15,3	-14,04	-12,9	-11,84
-4°C	-14,4	-13,1	-11,93	-10,84
-3°C	-13,42	-12,16	-10,98	-9,91
-2°C	-12,58	-11,22	-10,04	-8,98
-1°C	-11,61	-10,28	-9,1	-7,98
0°C	-10,65	-9,34	-8,16	-7,05
1°C	-9,85	-8,52	-7,32	-6,22
2°C	-9,07	-7,72	-6,52	-5,39
3°C	-8,22	-6,88	-5,66	-4,53
4°C	-7,45	-6,07	-4,84	-4,53
5°C	-6,66	-5,26	-4,03	-2,91

Рисунок 2.6 Таблиця визначення точки роси

Є електронні пристрої, які використовують спеціальні датчики, які допомагають встановити точку роси, але в роботі буде використовуватися формула.

Далі буде виконуватися обчислення точки роси, за допомогою метеорологічних даних, отриманих по Weather API, та використовуватиметься до формули Магнуса-Тетенса.

Формула Магнуса-Тетенса надає точний метод обчислення температури точки роси, враховуючи як температуру, так і відносну вологість. Нижче наведено детальне пояснення формули та кроки, які будуть виконуватися для обчислення точки роси:

$$Td = \frac{b \cdot \alpha(T, RH)}{a - \alpha(T, RH)} \quad (2.5)$$

де $\alpha(T, RH)$ визначається як:

$$\alpha(T, RH) = \frac{a \cdot T}{b + T} + \ln \left(\frac{RH}{100} \right) \quad (2.6)$$

де TD = Температура точки роси (°C);

T — це температура в градусах Фаренгейта;

RH — відносна вологість у відсотках.

2.3.3 Обчислення УФ-індексу

УФ-індекс – це міжнародний стандарт для вимірювання рівнів УФ-випромінювання з оцінками від 0 (низькі рівні) до 11+ (надзвичайні рівні). Чим

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

вище значення індексу, тим більша ймовірність шкідливого впливу УФ-випромінювання на шкіру та очі.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) розробила УФ-індекс для кількісної оцінки рівнів ультрафіолетового випромінювання та визначення небезпеки перебування на сонці. УФ-індекс показує рівень УФ-випромінювання у вибраному місці.

На рівень ультрафіолетового випромінювання впливає багато факторів: час доби, сезон, хмарність, висота над рівнем моря, розташування, а також навколишні предмети та поверхні.

УФ-А випромінювання та близько 10% УФ-В випромінювання досягають нашої планети, тоді як УФ-С випромінювання поглинається озоновим шаром, водяною паром та вуглекислим газом.

У світі існує уніфікована шкала вимірювання УФ-індексу від 0 до 12. У багатьох країнах, в тому числі і в нашій, прогнози погоди з метеостанцій в більшості випадків містять інформацію про поточні і майбутні значення УФ-індексу. Розуміючи це передбачення, ви можете вжити заходів для захисту свого здоров'я та захистити себе від УФ-випромінювання.

При розрахунку прогнозу враховуються широта, висота, погодні умови, сезон і рівень озону. Сам індекс базується на типі шкіри 2 – це світла шкіра, яка легко обгорає, але мінімально засмагає.

Індекс УФ-випромінювання безперервно змінюється протягом доби. Найвищого рівня радіація досягає з 10:00 до 14:00 вдень. Цей період також відомий як «сонячний полудень».

Додатково, метеорологічні показники, отримані з кіберфізичних моніторів дають можливість вимірювати та обчислювати багато корисних фізичних показників.

При вимірюванні відстаней і температурних передів важливою складовою являється густина повітря, через яке проходять електромагнітні та ультрафіолетові хвилі. На практиці метеорологічні параметри зазвичай

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

вимірюються на кінцевих точках вимірюваних ліній, що може бути надто спрощеним для великих відстаней і ускладнювати коректні підрахунки показників.

Таким чином, вимірювання температури та інших метеорологічних показників дозволить в результаті обчислення будуть отримані такі важливі показники як точка роси, індекс тепла, густина атмосфери та ультрафіолетове випромінювання.

Коротко описуючи роботу системи, весь процес функціонування виглядає наступним чином:

Користувач, який бажає отримати найточніший прогноз погоди для вибраного регіону або місцезнаходження. Користувач запускає веб-інтерфейс кіберфізичної системи на своєму пристрої, де користувацький інтерфейс програми дозволяє йому вибрати детальне місцезнаходження або просто використовувати GPS.

Архітектура системи отримання, зберігання, аналізу та обробки мережесих пакетів побудована на Node.js і використовує MSql для зберігання даних. Система складається з двох основних рівнів: серверний і клієнтський.

Клієнтська частина програмного забезпечення забезпечує взаємодію з користувачем через веб-інтерфейс. Він використовує HTML, CSS і JavaScript для створення зручного інтерфейсу, який дозволяє користувачам аналізувати та переглядати прогноз погоди. Основні компоненти клієнтського рівня включають HTML для створення структури веб-сторінки, CSS для стилізації та дизайну та JavaScript для динамічної взаємодії з сервером, обробки подій та відображення інформації.

Сторона клієнту надсилає HTTP-запит на сторону сервера для отримання необхідних даних, які потім обробляються та відображаються у веб-інтерфейсі.

Користувач, після введення та підтвердження обраного місцезнаходження надсилає запит на серверну частину кіберфізичної системи системи. Саме там виконується більша частина логіки програми.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Серверна частина відповідатиме за маніпуляції з отриманими даними, зберігаючи їх у базі даних і надаючи мережевий інтерфейс для прямого доступу до цих даних через мережеві запити HTTP.

Основні компоненти рівня сервера включають в себе сам сервер Node.js, який оброблятиме HTTP-запити та взаємодіятиме із наявною базою даних, фреймворк Express.js створюватиме веб-сервер і працюватиме із маршрутизацією системи і базою даних MSql, де зберігатимуться отримані метеорологічні дані. MSql зберігає дані у форматі Sql-таблиць, що надає змогу ефективно зберігати та обробляти великі масиви даних.

Опісля, обчислені дані готуватимуться для збереження у потрібному форматі і зберігатимуться в базі даних. Сервер також обробляє різноманітні запити від користувачів: запити на отримання прогнозу погоди по вибраному місцезнаходженню, обчислення та прогнозування даних на вибраній клієнтом період часу. Тут використовуватимуться доступні маршрути Express.js, визначені обробниками запитів.

Серверна частина надсилає запит до API, бере звідти дані та додає до своєї бази даних, де зберігатимуться необхідні метеорологічні дані.

Прогноз включає в себе короткострокові та довгострокові прогнози, наприклад погодні умови на найближчі кілька годин, днів та тижнів. Коли прогнозування завершено, оброблені дані зберігаються у базі даних і стають доступними для користувачів на стороні клієнта.

По запиті, система надсилає користувачу готову відповідь з детальним прогнозом погоди на вибраний ним період. Він може переглянути детальну і „красиво виведену” інформацію про температуру, ймовірність опадів, швидкість вітру та інші параметри, а також як ця температура буде відчуватися насправді. Окрім того, кіберфізична система може надавати додаткові рекомендації, як для прикладу, чи варто брати парасольку, термобілизну, лижі або криголам. Все для зручності користувача.

Весь процес від запиту до отримання прогнозу займає лише кілька секунд, забезпечуючи швидкий та точний доступ до необхідної інформації. Якщо під час роботи виникають збої або аномалії, система моніторингу і логування фіксує ці події, а відповідальні фахівці можуть оперативно реагувати, забезпечуючи безперебійну роботу системи.

2.4 Висновки

У межах розділу 2 проведено детальний аналіз визначених апаратних та програмних підсистеми програмно-технічного засобу; способи взаємодії між підсистемами та описано функціональне призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу.

Тут в деталях описано сценарій функціонування системи на внутрішньому, схованому від людських очей, рівні, розкрито механізми та алгоритми закладені в фундамент застосунку. Усі види даних та інженерних технік та принципів якими оперувати система, представлені і пояснені в цьому розділі, щоб при роботі з самою системою в допитливого користувача не виникало жодних питань по логіці роботи системи.

Кожен елемент функціонування системи описує механізм обробки та взаємодії отриманої інформації між собою на серверній частині програми. Наведені усі формули, показники та змінні, задіяні у функціонуванні кіберфізичної системи.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОГОДИ

3.1 Сервер баз даних: вимоги до обладнання та програмного забезпечення

У даному розділі описано системні вимоги до обладнання для забезпечення стабільної та коректної роботи розробленої системи, а також необхідне встановлене програмне забезпечення на сервері баз даних.

Для запуску кіберфізичної системи прогнозування погодніх умов необхідно розгорнути на сервері базу даних Ms Sql 2022. Для цього необхідне обладнання, характеристики якого описані нижче.

Для сервера баз даних необхідно, щоб були виконані наступні системні вимоги до обладнання:

- Процесор x64: AMD Opteron, AMD Athlon 64, Intel Xeon підтримкою Intel EM64T, Intel Pentium IV з підтримкою EM64T.
- Швидкодія процесора: рекомендується процесор x64 з мінімальною тактовою частотою 1,4 ГГц.
- Оперативна пам'ять: мінімальний розмір 512 МБ. Але рекомендується використовувати пам'ять не менше 1 ГБ. При цьому для забезпечення найбільш оптимального використання бази даних необхідно не менше 4 ГБ з наступним збільшенням разом зі збільшенням розміру бази даних.
- Сховище: потрібно не менше 6 ГБ доступного місця на жорсткому диску для встановлення бази даних.

Також для повноцінної роботи сервера баз даних, і відповідно кіберфізичної системи прогнозування, необхідний повноцінний доступ до інтернету.

Крім системних вимог до обладнання необхідно також прописати інформацію про потреби в встановленому програмному забезпеченню.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Так для нормального функціонування бази даних для кіберфізичної системи прогнозування погоди необхідна встановлена операційна система Windows 10 1607, Windows Server 2016 або більш пізніші версії. Ці операційні системи вже мають вбудовану мінімальну платформу .NET та також вбудоване мережеве програмне забезпечення.

Перерахуємо основні вимоги до бази даних системи прогнозування погоди, а також основні вимоги до СУБД, на основі яких вона побудована:

1. Прості дії для оновлення даних. Саме операції оновлення даних включає в себе додавання, видалення та зміну необхідних даних.

2. Короткий час відповіді на запити. Час відповіді – інтервал часу від моменту надсилання запиту до бази даних до моменту фактичного отримання даних. Термін «час доступу» є схожим — час між поданням команди запису (читання) і фактичним часом отримання даних. Доступ стосується операції пошуку, читання або запису даних.

3. Можливість змінювати логічну та фізичну структуру бази даних без зміни представлень користувача.

4. Багато користувачів спільно використовують та обмінюються даними.

5. Безпека даних – захищеність даних від навмисного чи ненавмисного розкриття, спотворення чи знищення.

6. Стандартизація функціонування та побудови та СУБД.

7. Адекватність представлення даних у відповідних предметних областях.

8. Зручний інтерфейс користувача.

3.2 Розробка бази даних

Створюєм на сервері MsSql базу даних для системи під назвою weather.

Лістинг коду для створення таблиць main і coords у базі даних weather:

```
CREATE TABLE [dbo].[coords] (  
    id [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,  
    [Latitude] [numeric](19, 15) NULL,  
    [Longitude] [numeric](19, 15) NULL,
```

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

```

[timezone] [int] NULL,
[id_city] [int] NULL,
[name] [varchar](max) NULL
)
CREATE TABLE [dbo].[weather] (
[id] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
[id_coords] [int] NOT NULL,
[id_weather] [int] NULL,
[main] [varchar](100) NULL,
[description] [varchar](max) NULL,
[icon] [varchar](25) NULL,
[dt] [datetime2](7) NULL
)

```

Таким чином буде створюватися уся сутність для зберігання даних на серверній стороні системи. Кожна частина буде виконувати свою унікальну функцію, але працюватиме як єдиний механізм.

На рисунку 3.1 продемонстрована детальна структура створеної бази даних і її елементів.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

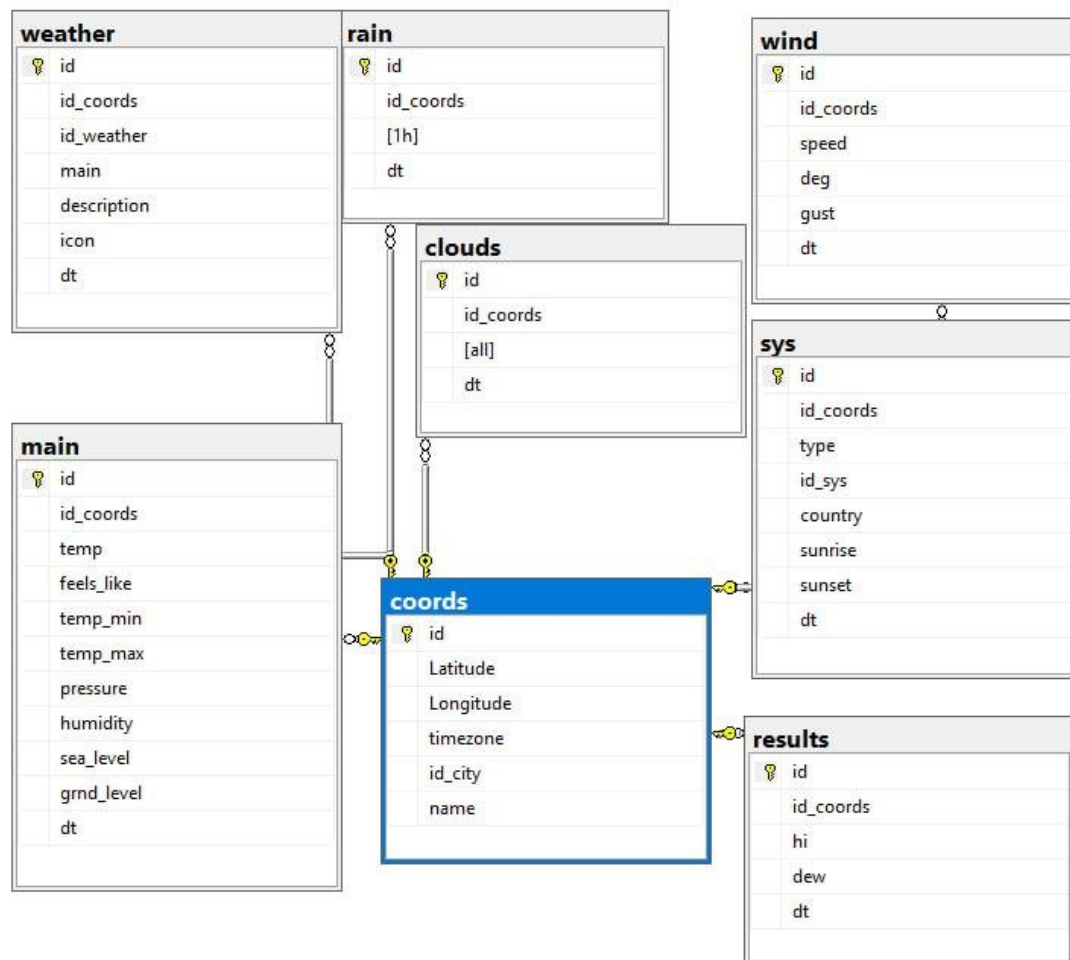


Рисунок 3.1. Діаграма бази даних

Діаграма на рисунку 3.1 описує загальну структуру бази даних кіберфізичної системи. Уся інформація, що отримана від користувача та зовнішніх метеорологічних джерел, вноситься у таблиці даної бази даних.

Кожна таблиця має свою важливу функцію і призначення. Усі вони описані в таблиці нижче:

Таблиця 3.1.

Назва	Поля даних	Призначення
coords	Id Longitude Latitude City_id	Зберігає дані про географічні дані за вибраним місцезнаходженням на карті. Початкові дані без яких система не зможе коректно функціонувати.

main	Id_coords Temp Temp_min Temp_max Pressure Humidity	Зберігає основні метеорологічні параметри та показники, отримані від API.
weather	Id_coords Main Description	Зберігає загальну та додаткову інформацію про погодні явища, описуючи дані на зрозумілій людині мові
clouds	Id_coords All	Зберігає інформацію про хмарність
rain	Id_coords All	Зберігає інформацію про кількість опадів та імовірність їх випадіння
wind	Speed Deg Gust	Зберігає інформацію про наявність, силу та напрям вітру

Після того як серверна частина отримує інформацію про вибране місцезнаходження для початку прогнозування погодніх умов, ця інформація направляється в таблицю cords (рисунок 3.2).

	id	Latitude	Longitude	timezone	id_city	name
1	1	49.4216000000000000	26.9965000000000000	10800	706369	Khmelnyskyi
2	2	50.4333000000000000	30.5167000000000000	10800	703448	Kyiv
3	3	48.4500000000000000	34.9833000000000000	10800	709930	Dnipro

Рисунок 3.2 Інформація в таблиці coords

Також після цього інформація про місцезнаходження направляється разом з API-запитом на зовнішнє метеорологічне джерело OpenWeather API для генерації

Збережені процедури можуть бути виконані декількома користувачами або декількома клієнтськими додатками без потреби повторного написання коду і тому слугують чудовим вибором для використання в даній системі для прогнозування погодніх умов.

Наприклад, для обчислення індексу спеки була створена збережена процедура `calculate_heat_index`. Нижче наведений лістинг коду створення даної процедури.

```
CREATE PROCEDURE calculate_heat_index
@Latitude NUMERIC(19, 15),
@Longitude NUMERIC(19, 15),
@Dates SMALLDATETIME
AS
BEGIN
    DECLARE @Temperature      NUMERIC(19, 2),
            @Humidity          INT,
            @Hi                NUMERIC(19, 2),
            @Adjustment        NUMERIC(19, 2),
            @id                INT
```

Щоб обчислити індекс спеки, необхідно передати на нашу збережену процедуру, координати місцезнаходження та дату проведення прогнозування даних.

Для цього буде проводитися обчислення за формулою 2.1, використовуючи відносну вологість та загальну температуру повітря.

```
SELECT @Temperature = @Temperature * 1.8 + 32
SELECT @Hi = -42.379 + 2.04901523 * @Temperature +
10.14333127 * @Humidity - 0.22475541 * @Temperature *
@Humidity
        - 0.00683783 * SQUARE(@Temperature) -
0.05481717 * SQUARE(@Humidity) + 0.00122874 *
SQUARE(@Temperature) *
        @Humidity
        + 0.00085282 * @Temperature *
SQUARE(@Humidity) - 0.00000199 * SQUARE(@Temperature) *
SQUARE(@Humidity)
```

Перед початком вимірювання значення температури потрібно привести до градусів Фаренгейта, так як початкові метеорологічні температурні дані надходять в градусах Цельсія.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до формул 2.2 та 2.3, значення індексу спеки, які не коригуються з формулою 2.1 визначаються за окремою процедурою. Далі в коді наведено перевірка та обчислення таких винятків, якщо потрібно.

```
IF @Humidity < 13
    AND @Temperature BETWEEN 80 AND 112
BEGIN
    SELECT @Adjustment = ((13 -@Humidity) / 4) *
SQRT((17 -ABS(@Temperature -95)) / 17)
    SELECT @Hi = @Hi - @Adjustment
END

IF @Humidity > 85
    AND @Temperature BETWEEN 80 AND 87
BEGIN
    SELECT @Adjustment = ((@Humidity -85) / 10) *
((87 -@Temperature) / 5)
    SELECT @Hi = @Hi - @Adjustment
END
SELECT @Hi = (@Hi -32) / 1.8
```

Останім кроком даної процедури буде внесення результатів обчислення в базу даних, а саме таблицю results з якої дані потраплятимуть в клієнтську частину системи.

```
INSERT INTO result
(
    id_coords,
    hi,
    dt
)
VALUES
(
    @Id,
    @Hi,
    @Dates
)
```

Щоб обчислити точк роси, необхідно передати на нашу збережену процедуру, температуру, відносну вологість та додаткові параметри для прогнозування даних.

Для цього буде проводитися обчислення за формулою 2.4, код процедури приведено нижче:

```

CREATE PROCEDURE calc_dew_point
@Latitude NUMERIC(19, 15),
@Longitude NUMERIC(19, 15),
@Dates SMALLDATETIME
AS
BEGIN
    DECLARE @Temperature    NUMERIC(19, 2),
            @Humidity        INT,
            @Td              NUMERIC(19, 2),
            @ATrh           NUMERIC(19, 2),
            @id              INT

```

Перед початком вимірювання значення температури для точки роси дані потрібно приводити до градусів Фаренгейта, так як початкові метеорологічні температурні дані надходять в градусах Цельсія і не підходять для прогнозування заданих значень.

```

SELECT @ATrh = ((17.27 * @Temperature) / (237.7 +
@Temperature)) + LOG(@Humidity * 1.0 / 100)
SELECT @Td = (237.7 * @ATrh) / (17.27 -@ATrh)
INSERT INTO result
(
    id_coords,
    dew,
    dt
)
VALUES
(
    @Id,
    @Td,
    @Dates
)

```

Для інших потрібних параметрів значень створені та імплементовані в систему інші процедури MsSql, які забезпечуватимуть обширний та зручний доступ до метеоданих.

3.3 Сценарій користування системою

Сценарій використання даної системи є простий та інтуїтивно зрозумілий більшості населенню планети. Все, що потрібно для початку роботи: вибрати координати або дозволити геолокацію, щоб комп'ютер зробив все за Вас.

Повний шлях від запуску програми до фінального результату роботи виглядає, як показана на рисунку 3.4.

3.1.1 Вибір бажаних координат

Для початку роботи користувачу потрібно вибрати бажані координати на мапі. У прикладі використовується мапа LeafletJS (open-source бібліотека з географічними картами та з відкритим кодом, аналог Google Maps)

На цьому етапі користувач взаємодіє з візуальною частиною системи, задаючи команди та параметри системи та керуючи ходом її роботи. Тепер усе з чим взаємодіятиме користувач буде прямо впливати на елементи Model та Controller даної системи.

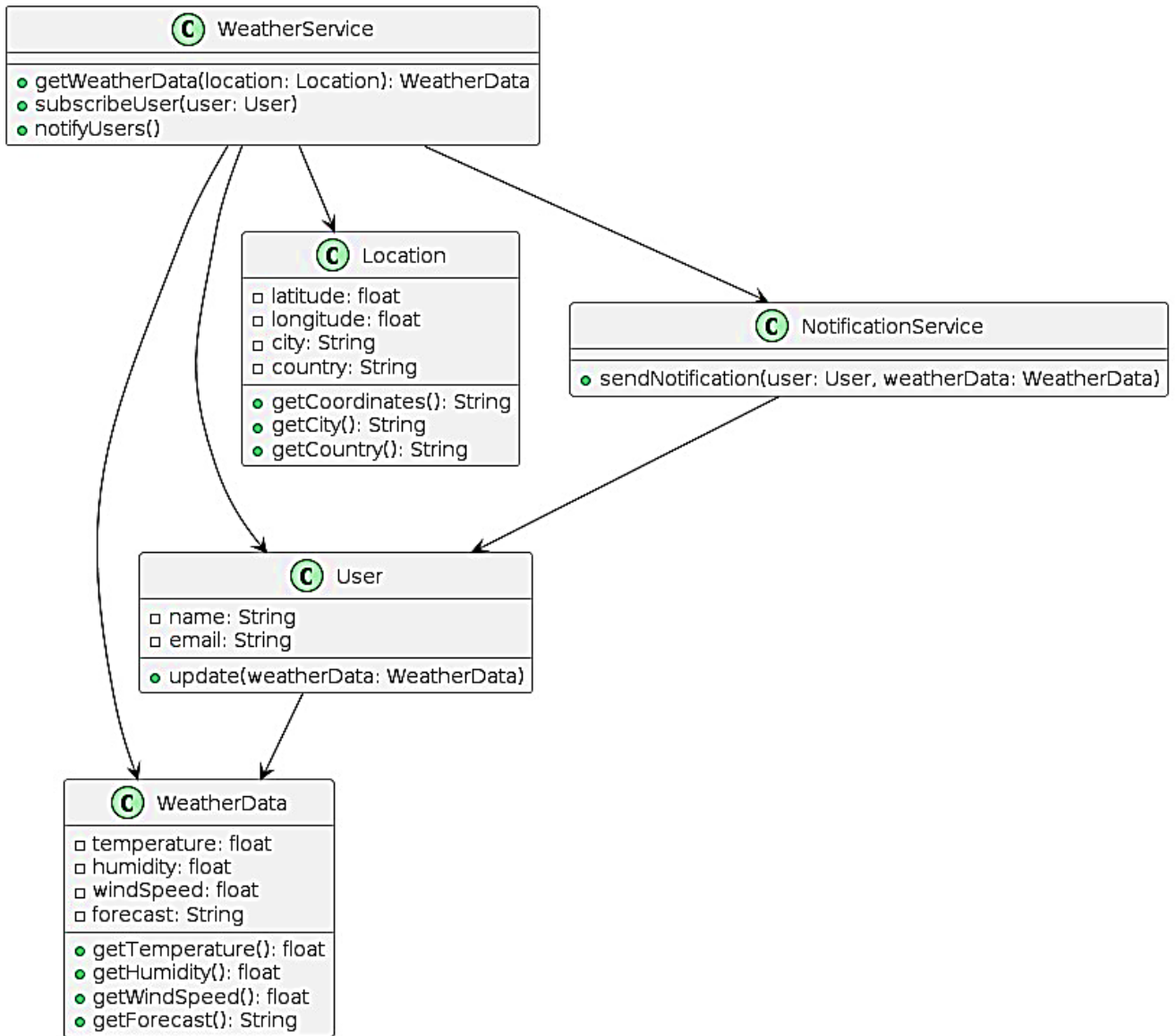


Рисунок 3.4. Структура функціонування проєкту

Візуалізацію роботи архітектури MVC показано на рисунку 3.4.

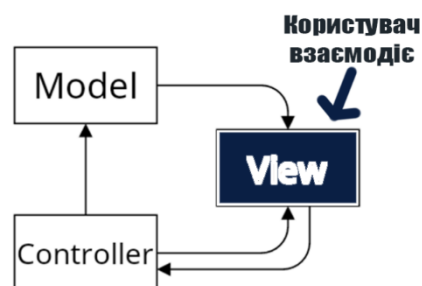


Рисунок 3.5 – Візуалізація роботи архітектури MVC

Після взаємодії користувача з View елементами, в роботу вступають елементи Controller, методи системи, які дозволяють маніпулювати даними та виглядом (View та Model) системи.

Обробляючи запити користувача і взаємодіючи з моделлю для отримання та зміни необхідних даних, обчислені результати передаватимуться на клієнтську частину застосунку. Далі те, що побачить користувач, відобразатиме в найбільш зручному форматі поточні метеорологічні умови та прогноз погоди у вибраному регіоні.

```
//Отримання даних із серверу
fetch(`http://localhost:5050/getData?lat=${lat}&lon=${lon}&timeFrame=${timeFrame}`)
.then(res => res.json()).then(data => {
  weather__forecast.innerHTML =
`<p>${data.weather[0].main}`
  weather__temperature.innerHTML =
` ${data.main.temp.toFixed()}&#176`
  weather__icon.innerHTML =
`
  weather__minmax.innerHTML = `<p>Мін:
${data.main.temp_min.toFixed()}&#176</p><p>Макс:
${data.main.temp_max.toFixed()}&#176</p>`
  weather__realfeel.innerHTML =
` ${data.main.feels_like.toFixed()}&#176`
  weather__humidity.innerHTML = ` ${data.main.humidity}%`
  weather__wind.innerHTML = ` ${data.wind.speed} ${units
=== "imperial" ? "mph": "m/s"}`
  weather__pressure.innerHTML = ` ${data.main.pressure} hPa`
```

```
weather__heatindex.innerHTML =
`${data.main.heat_index}&#176`
weather__dewpoint.innerHTML = `${data.main.dew_point}&#176`
    })
```

Далі доступна більш детальна інформація по погоді в реальному часі.

На рисунку 3.8 продемонстровано поточні погодні умови у вибраній ділянці карти:

- Температура.
- Вологість.
- Атмосферний тиск.
- Та більш просунуті показники, такі як точка роси та індекс тепла.

На цьому етапі більшість модулів кіберфізичної системи задіяні у роботі, а вхідні та оброблені масиви даних занеслися в нашу базу даних. Далі система надає можливість користувачам отримувати прогноз погоди на найближчий період (варіюється від вибору користувача, рисунок 3.9).

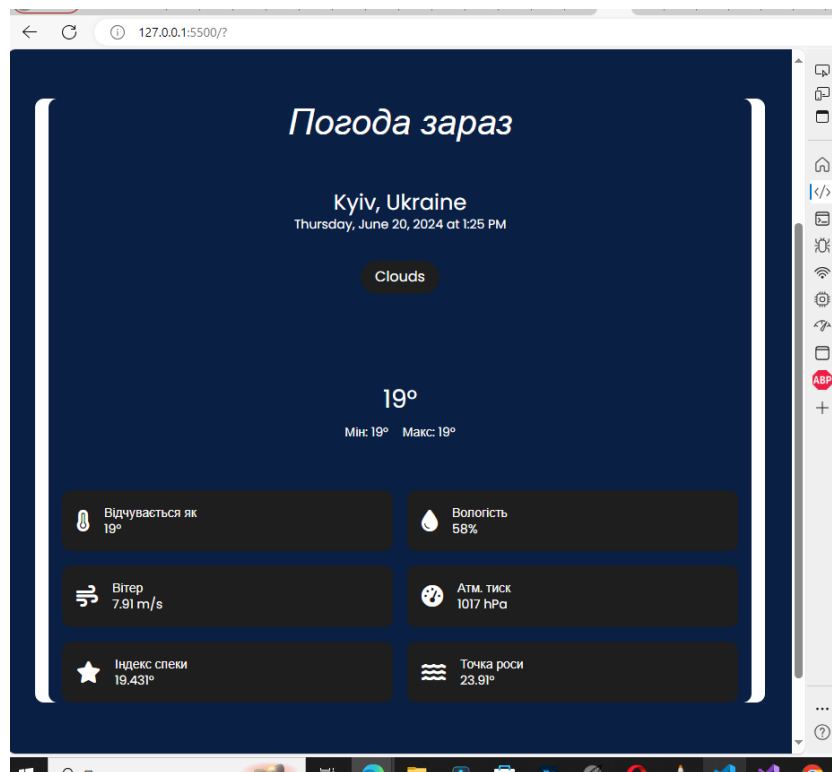


Рисунок 3.8 – Детальна метеорологічна інформація

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

```
"dt":1485766800,  
"temp":{  
  "day":262.65,  
  "min":261.41,  
  "max":262.65,  
  "night":261.41,  
  "eve":262.65,  
  "morn":262.65  
},  
"pressure":1024.53,  
"humidity":76,
```

Рисунок 3.9 – Дані прогнозу погоди на зазначений період

На рисунку 3.9 продемонстровані обчислені дані для вибраного місцезнаходження. Тут приведені базові для системи, значення температури у різні пори доби, атмосферний тиск, загальну вологість повітря, а також дату проведення прогнозування.

Далі, кіберфізична система бере отримані дані з OpenWeather API і далі починає проводити подальші маніпуляції на серверній стороні, без перезавантаження застосунку.

Використовуючи збережену інформацію та параметри задані користувачем програми, кожного разу як користувач обиратиме новий період прогнозування чи місцезнаходження для аналізу, система запускатиметься по новій, обчислюючи і виводячи оновлені масиви даних.

Дана система є багатофункціональною і може служити користувачам чудовим застосунком у повсякденному житті.

3.3. Висновки

У межах розділу 3 описано детальний сценарій роботи з програмним функціоналом кіберфізичної системи. В висновку, в деталях проаналізовано

методи та рекомендації по користуванню програмою прогнозування погодних умов.

Тут описано сценарій функціонування системи на зовнішньому, користувацькому рівні і варіанти взаємодії з системою. В результаті слідуванню сценарію користувач програми матиме змогу отримати пропрацьований прогноз погоди у вибраному ним регіоні або точці на карті.

В обчислювальній системі дані обробляються за допомогою алгоритмів, які використовуються для прогнозування погодних умов. Моделі прогнозування базуються на методах та функціях системи, фізичних моделях атмосфери та прогнозування погоди, а також географічних даних.

Після аналізу, система генерує прогноз погоди для визначеного періоду часу і ці прогнози відображатимуться в спеціальних віджетах та веб-інтерфейсах, що дозволятимуть користувачам отримувати доступ до актуальної інформації про погоду.

Крім того, система постійно оновлюється, збирає нові дані та переробляє їх для покращення точності та якості прогнозів, автоматично виправляючи прогнози на основі реальних спостережень та коригуючи їх в реальному часі за допомогою доступу до зовнішніх метеорологічних джерел.

На вибір користувача, буде широкий масив метеорологічних даних в реальному часі, оптимізованих та пристосованих для зручності розуміння звичайною людиною.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було створену працюючу та багатофункціональну кіберфізичну систему прогнозування погоди та її серверну частину.

У першому розділі проведено детальний аналіз структурних та функціональних елементів та особливостей кіберфізичної системи прогнозування погоди, а саме її серверної частини. Я здійснив аналіз апаратного устаткування обробки вхідної інформації у різних системах прогнозування погоди та дослідив наявні моделі сучасних рішень. Я здійснив постановку задачі та порівняв її з уже наявними рішеннями.

В кожній створеній людиною системі є свої переваги і недоліки, тому ніяка на даний час створена система для прогнозу погоди не є ідеальною. Тому система розроблена в даній дипломній роботі намагається взяти усе найкраще з раніше створених інструментів та накоплених знань і направити усе це в нове русло. На меті розробки і тестування даної кіберфізичної системи стояло саме таке завдання.

У межах розділу 2 проведено детальний аналіз визначених апаратних та програмних підсистем програмно-технічного засобу; способи взаємодії між підсистемами та описано функціональне призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу.

Тут в деталях описано сценарій функціонування системи на внутрішньому, схованому від людських очей, рівні, розкрито механізми та алгоритми закладені в фундамент застосунку. Усі види даних та інженерних технік та принципів якими оперувати система, представлені і пояснені в цьому розділі, щоб при роботі з самою системою в допитливого користувача не виникало жодних питань по логіці роботи системи.

Кожен елемент функціонування системи описує механізм обробки та взаємодії отриманої інформації між собою на серверній частині програми.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Наведені усі формули, показники та змінні, задіяні у функціонуванні кіберфізичної системи.

У межах розділу 3 описано детальний сценарій роботи з програмним функціоналом кіберфізичної системи.

Тут в деталях описано сценарій функціонування системи на зовнішньому, користувацькому рівні і варіанти взаємодії з системою. В результаті слідуванню сценарію користувач програми матиме змогу отримати пропрацьований прогноз погоди у вибраному ним регіоні або точці на карті.

На вибір користувача, буде широкий масив метеорологічних даних в реальному часі, оптимізованих та пристосованих для зручності розуміння звичайною людиною.

Запропонована система кіберфізичного прогнозування погоди демонструє високу ефективність збору, обробки та аналізу метеорологічних даних. Він має великий потенціал для подальшого розвитку та вдосконалення. У майбутньому можна розширити можливості даної системи, включивши нові джерела даних і використавши більш складні моделі для створення більш точних прогнозів і передбачень погодніх умов.

Тому розроблена система буде важливим інструментом для різноманітних галузей цивільної промисловості, які потребують точних прогнозів погоди, від сільського господарства до авіації, надаючи користувачам надійну та актуальну інформацію про погодні умови.

В результаті виконання дипломного проєкту, кіберфізична система для прогнозування погоди була покращеною. Загальна ефективність та зручність використання даною системою і її інструментами вийшла на новий рівень.

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гері Алан Файн. Автори шторму: Метеорологи та культура прогнозування : Видавництво Чиказького університету, 2007 24 с.
2. Як складаються сучасні прогнози погоди. meteorprog.com 2021. С. 1–5.
URL: <https://www.meteorprog.com/ua/news/600031-yak-skladayutsya-sucasni-prognozi-pogodi-osnovni-ponyattya.html> (дата звернення 28.03.2024).
3. Роберт М. Атлас. Від синоптика до наукового дослідника: Кар'єра в метеорології : передмова Дейв Джон : американське суспільство метеорологів, 2020 88 с.
4. А. О. Мельник Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування; Видавництво: Магнолія, 2023; 25-44 с.
5. А. О. Мельник Кіберфізичні системи: технологія збору даних; Видавництво: Магнолія, 2023; 155 с.
6. Джеймс Р. Холтон. Вступ до динамічної метеорології, 2014; 17с.
7. Фей Янг, Лей Ванг. Метод збільшення зваженої середньої температури (Tm) на основі глобальної зони широти, 2022. URL: [A weighted mean temperature \(Tm\) augmentation method based on global latitude zone](#) (дата звернення 28.03.2024).
8. Правила та умови використання OpenWeather API. URL: [Weather API – OpenWeatherMap Introduction](#) (дата звернення 28.03.2024).
9. Передбачення погоди та IoT. URL: [IoT Based Weather Monitoring Systems | Arrow.com](#) (дата звернення 28.03.2024).
10. Раджив Алул. Principles of Cyber-Physical Systems, 2015; 100с.
11. Майбутнє передбачення погоди і з IoT. URL: [The Future of Weather Forecasting With IoT \(benchmarklabs.com\)](#) (дата звернення 28.03.2024).
12. Методи передбачення погоди; Університет Східного Ілінойса: URL: [Weather Forecasting \(eiu.edu\)](#) (дата звернення 28.03.2024).
13. What are weather models and its implementation in everyday life? IBM. URL: [What Are Weather Models?](#) (дата звернення 28.03.2024).

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

14. Using Leaflet for web-applications? URL: [Using Leaflet? - Design - Envato Elements](#)
15. Індекс спеки. URL: [What is the heat index? \(weather.gov\)](#) (дата звернення 28.03.2024).
16. MVC Framework – Introduction. URL: [MVC Framework - Introduction \(tutorialspoint.com\)](#) (дата звернення 28.03.2024).
17. Застосування архітектури MVC на практиці. URL: [MVC Framework Introduction - GeeksforGeeks](#) (дата звернення 28.03.2024).
18. Complications of weather forecasting. URL: [Why is the weather so hard to predict? - Let's Talk Science](#) (дата звернення 28.03.2024).
19. Challenges in Weather Forecasting. URL: [Challenges in Weather Forecasting \(hklaureateforum.org\)](#) (дата звернення 28.03.2024).
20. Відродження кіберфізичних систем, 2023. URL: [The Rise of Cyber-Physical Systems | National Academies](#) (дата звернення 28.03.2024).
21. What Is the Heat Index, and Why Does It Matter? URL: [What Is the Heat Index, and Why Does It Matter? - The New York Times](#)
22. The Weather Research and Forecasting (WRF) Model: Overview, System Efforts, and Future Directions. URL: [Bulletin of the American Meteorological Society \(AMETSOC\)](#) (дата звернення 28.03.2024).
23. Rainfall and atmospheric temperature against the other climatic factors: a case study from Colombo, Sri Lanka. URL: [Mathematical Problems in Weather Forecasting](#) (дата звернення 28.03.2024).
24. Dew Point and Humidity in weather research. URL: [Dew Point and Humidity \(weather.gov\)](#) (дата звернення 28.03.2024).
25. What is Dew Point and its usage in the world?. URL: [What is Dew Point? - Davis Instruments](#) (дата звернення 28.03.2024).
26. Dew Point Definition and How to Measure It for Industries? URL: [What is Dew Point? - Davis Instruments](#) (дата звернення 28.03.2024).

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

27. Halabi, S., McPherson, D. Internet Routing Architectures. Technology Press . *Section on BGP*, 2009. 225 с.
28. Medhi, D., Ramasamy, K. Network Routing: Algorithms, Protocols, and Architectures. Morgan Kaufmann. *Section on Routing Algorithms*, 2018. 154 с.
29. White, R. Optimal Routing Design. Technology Press. *Section on Routing Efficiency*, 2017. – 230 с.
30. Голембо Б.А., Парадуд Я.С., Яценко В.О. Прогностичні системи: технологія для маніпуляції даними, Магнолія, 2024, 136 с.
31. Кодалі К. Р. Прототип інформаційної системи погоди на основі IoT з використанням WeMos, конференція з сучасної обчислювальної техніки та інформатики, 2016, с. 524
32. Використання IOT метеорологічного дрону для передбачення погоди. URL: [IOT Weather Drone Airship For Weather Forecasting | Nevon Projects](#) (дата звернення 28.03.2024).
33. Основний посібник з кібер-фізичних систем (CPS). URL: [The Ultimate Guide to Cyber Physical Systems \(CPS\) | Claroty](#) (дата звернення 28.03.2024).
35. Кібер-фізичні системи (CPS) - це фізичні системи, що інтегруються з обчислювальними та комунікаційними можливостями. URL: [What are Cyber-Physical Systems?](#) (дата звернення 28.03.2024).
36. Microsoft SQL Server Features. RL: [Microsoft SQL Server Features from TechTarget](#) (дата звернення 28.03.2024).
37. Збережені процедури. URL: [Збережені процедури](#) (дата звернення 28.03.2024).
38. SQL Server stored procedures for beginners. URL: [SQL Server stored procedures for beginners](#) (дата звернення 28.03.2024).
39. Збережені процедури. URL: [Збережені процедури](#) (дата звернення 28.03.2024).
40. Використання процедур на практиці. URL: [Використання процедур](#) (дата звернення 28.03.2024).

					КВРКІ.200110.20.01.10 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

Дата перевірки:
24.06.2024 11:30:42 EEST

Дата звіту:
24.06.2024 11:31:36 EEST

ID перевірки:
1016385185

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005591

Назва документа: Капелюх_Кіберфізична система для прогнозу погоди (серверна частина)

Кількість сторінок: 63 Кількість слів: 8009 Кількість символів: 60191 Розмір файлу: 3.34 МВ ID файлу: 1016196182

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

8.09%

Схожість

Найбільша схожість: 2.08% з Інтернет-джерелом (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/29250>)

7.83% Джерела з Інтернету 151

Сторінка 65

2.46% Джерела з Бібліотеки 151

Сторінка 66

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Посилання 1

Сторінка 66

0%

Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Підозріле форматування 10 сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 10%

ID: 132359 Назва: БКР Кіберфізична система для прогнозу погоди (серверна частина) Додано в БД: 2024-06-24 Автора: В. С. Капелюх Керівники: О.В. Боровик Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	57128	467	214 (0%)	3 (1%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Капелюх Володимир Сергійович

Тема: Кіберфізична система прогнозування погоди (серверна частина)

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз теоретичної інформації. У межах розділу 2 було здійснено детальний огляд архітектури в кіберфізичних системах прогнозування погоди загалом, а також розглянуто різні види архітектур та їхні властивості. Це дозволило отримати глибше розуміння структури і функціонування систем прогнозування погодних умов, їхніх переваг та недоліків у різних сценаріях використання. В ході третього розділу було проведено опис алгоритму роботи програмного забезпечення, частково описано деякі моменти роботи коду, а також проведено порівняння ефективності розробленого функціоналу з ефективністю роботи звичайного сервера. В ході кількох експериментів було визначено, що система показує себе доволі продуктивною, в порівнянні зі звичайними кіберфізичними системами даного типу.

Результати експериментів відображено за допомогою діаграм, що відображають оброблені дані, та їх логіку обчислень.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага моделюванню діаграм та схем

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:
Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: Зауважень немає

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно

Рецензент (прізвище, ім'я, по-батькові, посада, місце роботи) Гарон М.В.

до філософії кафедри к.історії України

"20" 06 2024 р.

СВ (підпис)

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

Капелюха Володимира Сергійовича
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений 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.

20 червня 2024 року



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 прогнозування погоди (серверна частина) _____

Автор: _____ Капелюх Володимир Сергійович

Спеціальність: _____ 123– Комп'ютерна 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:

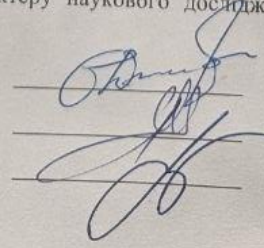
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживими фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано послідовності чотирьохрозрядних двійкових кодів, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 8.09% і адресується до 151 першоджерела, 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