

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Кіберфізична система моніторингу стану води. Серверна частина
Назва теми

КвРК 210247.21.02.05 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 K12-21-2 ЛП Лев ПОРТНИЙ
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник В Петро ВІЖЕВСЬКИЙ
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер Л Тетяна КИСІЛЬ
Підпис, дата Ініціали, прізвище

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

ОП
Підпис

Ольга ПАВЛОВА
Ініціали, прізвище

«13» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

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 Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Портному Леву

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система моніторингу стану води. Серверна частина

Керівник проекту (роботи) асистент Віжевський П.В.

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

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз особливостей кіберфізичних систем моніторингу стану води

Проектування серверної частини кіберфізичної системи моніторингу стану води

Програмно-апаратна реалізація кіберфізичної системи моніторингу стану води

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

Архітектура ПЗ проекту

Архітектура ПЗ для кіберфізичної системи

Апаратне забезпечення проекту

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування системи моніторингу стану води	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – проектування системи моніторингу стану води	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

Лев ПОРТНИЙ
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Петро ВІЖЕВСЬКИЙ
Ініціали, прізвище

№ р я д к а	ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л л и с т і в	№ ек з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРК 210247.21.02.05 ПЗ	Пояснювальна записка	60		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРК 210247.21.02.05 Е8	Архітектура ПЗ проекту	1		
3		КвРК 210247.21.02.05 Е8	Архітектура ПЗ для кіберфізичної системи	1		
4		КвРК 210247.21.02.05 Е8	Апаратне забезпечення проекту	1		

КвРК 210247.21.02.05 ВП

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Портний	<i>[Signature]</i>		У	1	1
Перевір.		Віжевський	<i>[Signature]</i>		ХНУ, КІ2-22-1		
Н. контр.		Кисіль	<i>[Signature]</i>	19.06.25			
Зпв.		Павлова	<i>[Signature]</i>	19.06.25			

Відомість проекту

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Кіберфізична система моніторингу стану води».

Автор роботи: Лев ПОРТНИЙ.

Керівник роботи: асистент Петро ВІЖЕВСЬКИЙ.

Пояснювальна записка: 60 с., 33 рис., 1 табл., 3 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

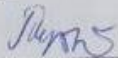
МОНІТОРИНГ, ВОДА, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, СЕНСОРИ,
АРХІТЕКТУРА, АРІ, БАЗА ДАНИХ

Метою дипломної роботи є розробка архітектури кіберфізичної системи моніторингу стану води з акцентом на інтеграцію сенсорних модулів, ефективне збирання, обробку та візуалізацію гідроекологічних даних для забезпечення точного і надійного аналізу стану водних об'єктів.

Об'єктом дослідження є процес функціонування компонентів кіберфізичної системи для моніторингу стану води.

Предметом дослідження є інформаційна структура, програмна архітектура і методи взаємодії між модулями системи моніторингу стану води.

У ході виконання дослідження було застосовано метод систематичного огляду літератури для вивчення сучасних технологій збору та обробки даних у сфері моніторингу води, а також аналітичні методи для оцінки придатності відкритих АРІ, сенсорів та технологій передачі даних у кіберфізичних системах.







Підпис студента

30.05.2025

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДИ	6
1.1 Загальна характеристика та структурно-функціональні особливості кіберфізичних систем моніторингу стану води.....	6
1.2 Аналіз програмного забезпечення для обробки та зберігання даних у системах моніторингу води.....	12
1.3 Огляд систем Smart Water Grid (Південна Корея).....	15
1.4 Огляд системи Sonde Platform (США)	16
1.5 Огляд проєкту WATERNOMICS (ЄС).....	17
1.6 Огляд системи HydroNET (Нідерланди).....	18
1.7 Огляд рішень для моніторингу води на базі Arduino/ESP (DIY-підхід).....	19
1.8 Висновки до першого розділу.....	21
2 ПРОЄКТУВАННЯ СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДИ	23
2.1 Стандартна модель MVC.....	23
2.2 Детальний опис моделей даних моніторингу стану води.....	29
2.3 Модуль збору даних.....	31
2.4 База даних.....	31
2.5 API для доступу до даних.....	33
2.6 Модуль моніторингу та логування.....	33
2.7 Модуль виводу.....	34

КВРКІ.210247.19.01.19 ПЗ				
Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата
Виконав	Портний Лев			
Перевір.	Петро Віжевський			
Н.контр.	Тетяна КИСІЛЬ			19.08.19
Затвер.	Ольга ПАВЛОВА			19.08.19
Кіберфізична система моніторингу стану води			Літера	Аркш
			у	72
ХНУ КІ2-22-1				

2.8	Опис ключових модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічної системи, їх взаємодії, обробки даних та обміну інформацією.....	34
2.9	Висновки до другого розділу	40
3.	ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДИ.....	42
3.1	Сервер баз даних: вимоги до обладнання та програмного забезпечення	42
3.2	Розробка структури бази даних для моніторингу стану води	44
3.3	Алгоритм взаємодії користувача з системою.....	49
3.3.1	Вибір регіону або водного об'єкта для моніторингу.....	51
3.3.2	Отримання та візуалізація параметрів якості води	54
3.4	Висновки до третього розділу	57
	ВИСНОВКИ.....	59
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	60
	ДОДАТОК А.....	66
	ДОДАТОК Б.....	67
	ДОДАТОК В.....	68

ВСТУП

В останні роки автоматизація інформаційних технологій відіграє важливу роль у нашому житті. Вона охоплює майже всі сфери людської діяльності, забезпечуючи зручність, ефективність і швидкість процесів. Особливо актуальною автоматизація стала в екологічному моніторингу, зокрема - у сфері контролю якості води, яка є критично важливим ресурсом для життя і здоров'я людини, аграрного сектору та промисловості.

Якість води безпосередньо впливає на рівень життя, стан навколишнього середовища та екосистеми загалом. Раніше оцінка стану водних ресурсів здійснювалася переважно вручну шляхом відбору проб у лабораторних умовах. Однак сучасний світ потребує більш динамічних та адаптивних рішень. Кіберфізичні системи моніторингу стану води дозволяють автоматизувати цей процес, забезпечуючи постійний збір, обробку та зберігання телеметричних даних у режимі реального часу.

Такі системи включають у себе датчики, контролери, канали зв'язку та серверні платформи, які дозволяють приймати рішення на основі об'єктивної, оперативної інформації. Саме серверна частина відіграє центральну роль у цій архітектурі - вона обробляє дані, керує взаємодією між компонентами, відповідає за зберігання інформації та надає доступ до неї користувачам, адміністраторам і зовнішнім системам.

Кіберфізичні системи моніторингу стану води вже активно впроваджуються в різних країнах світу - від централізованих урядових платформ до локальних рішень у рамках smart city або агропромислових комплексів. Вони дозволяють своєчасно виявляти забруднення, прогнозувати зміни екосистеми, контролювати стан водопровідних мереж і запобігати аваріям. Разом з тим, такі системи часто стикаються з проблемами масштабованості, нестачею безпеки, труднощами інтеграції з іншими платформами або ж недостатньою гнучкістю.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У данній роботі буде проведено огляд наявних кіберфізичних рішень у сфері моніторингу води, виявлено їх переваги та недоліки а також обґрунтовано потребу у створенні власної серверної частини, яка дозволить підвищити ефективність обробки даних і забезпечити надійну роботу всієї системи.

Розроблена серверна частина системи спроектована з урахуванням вимог до продуктивності, стабільності, безпеки та зручності масштабування. Вона реалізована за допомогою мови програмування JavaScript, технології Node.js, а також фреймворку Express, що дозволило створити сучасний багатофункціональний веб-застосунок з відкритим API.

Кожен наступний розділ дипломної роботи детально розглядає ключові етапи аналізу, проєктування та реалізації серверної частини кіберфізичної системи моніторингу стану води, з акцентом на практичне застосування та потенціал для розвитку у реальних умовах.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДИ

1.1 Загальна характеристика та структурно-функціональні особливості кіберфізичних систем моніторингу стану води

Розробка та впровадження кіберфізичних систем моніторингу водних ресурсів набуває особливого значення для України у зв'язку з необхідністю раціонального управління водними ресурсами в умовах змін клімату, забруднення довкілля та зростаючого попиту на якісне водопостачання.

Сучасна ситуація характеризується низкою критичних проблем: дефіцитом питної води, зношеністю водопровідної інфраструктури, неефективним використанням водних ресурсів та підвищеним рівнем екологічних ризиків. Ці фактори зумовлюють потребу у впровадженні високотехнологічних рішень, здатних забезпечити комплексний моніторинг водного середовища в реальному часі.

Інтеграція сенсорних мереж, технологій штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та хмарних обчислень створює можливість для безперервного збору даних про якісні та кількісні характеристики води, їхнього оперативного аналізу й побудови прогнозів. Такі системи дозволяють своєчасно виявляти потенційні загрози, попереджати аварійні ситуації та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Для України, де питання водної безпеки має стратегічне значення, розвиток та впровадження кіберфізичних систем у сфері моніторингу водних ресурсів виступає важливою складовою досягнення цілей сталого розвитку. Застосування таких технологій дозволяє не лише покращити екологічний стан водойм, а й підвищити ефективність функціонування водогосподарських об'єктів, а також гарантувати населенням доступ до безпечної та якісної води.

Сучасні аналітичні підходи, що ґрунтуються на обробці великих масивів даних (Big Data), дають змогу оптимізувати процес управління водними ресурсами,

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

зменшувати обсяги втрат, своєчасно виявляти критичні ситуації та підвищувати рівень екологічної безпеки на регіональному й державному рівнях.

У зв'язку з цим проектування та розроблення кіберфізичної системи моніторингу водного середовища є вкрай актуальним завданням для України. У межах цієї роботи запропоновано метод функціонування такої системи, що забезпечує поєднання фізичних компонентів (зокрема сенсорів і об'єктів спостереження) з кібернетичними модулями аналізу та керування, здатність до автономної роботи без постійної участі людини, гнучкість у розширенні географії застосування, а також безперервний збір та обробку даних у режимі реального часу.

Актуальність моніторингу водних ресурсів зумовлена їхньою критичною важливістю для життєдіяльності людини, функціонування економіки та стабільності природних екосистем. В умовах постійного зростання антропогенного навантаження на водні ресурси, впливу кліматичних змін, урбанізації та посилення рівня забруднення виникає потреба у створенні ефективної системи моніторингу, що дозволить забезпечити своєчасне отримання достовірної інформації про стан водного середовища. Такий підхід є необхідним для обґрунтованого управління, планування та реалізації заходів зі збереження водних ресурсів.

Моніторинг відіграє ключову роль у забезпеченні водної безпеки, оскільки дає змогу контролювати якість питної води, вчасно виявляти потенційні загрози для здоров'я населення та запобігати розповсюдженню інфекційних захворювань. Крім того, оперативне виявлення забруднення та його джерел дозволяє своєчасно реагувати на надзвичайні екологічні ситуації, зменшуючи шкоду для довкілля. Особливого значення набуває моніторинг водних екосистем, адже забруднення водойм призводить до зниження рівня розчиненого кисню, спричиняє процеси евтрофікації та завдає шкоди водній флорі й фауні, що ставить під загрозу біорізноманіття.

Моніторинг водних ресурсів має вагоме економічне значення, зокрема для потреб промисловості, енергетики та аграрного сектора. Контроль рівня води у

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

водоймах забезпечує стабільну роботу іригаційних систем і гідроелектростанцій. В умовах кліматичних змін він дозволяє фіксувати зміни опадів, посух і повеней, що важливо для адаптації до нових умов. Також важливу роль відіграють вимоги екологічного законодавства, які зобов'язують впроваджувати сучасні технології спостереження, зокрема супутниковий моніторинг, IoT-сенсори та ГІС-системи. Це підвищує точність вимірювань, дозволяє швидко реагувати на загрози та забезпечує сталість екосистем.

Розвиток технологій значно посилив можливості моніторингу водних ресурсів. Супутникові знімки дозволяють спостерігати за змінами у водоймах на великій території, а дрони й дистанційне зондування - отримувати точні локальні дані, зокрема про якість води. Такий моніторинг стає важливим інструментом для формування політики управління водними ресурсами. Він дає змогу урядовим і міжнародним структурам впроваджувати заходи для збереження води, запобігання забрудненню та адаптації до кліматичних змін. У часи глобального потепління це допомагає прогнозувати повені та посухи, зменшуючи їхній вплив на економіку.

Міжнародне співробітництво є важливою складовою ефективного моніторингу водних ресурсів, особливо у випадку транскордонних водойм. Обмін даними між державами сприяє екологічній безпеці та сталому розвитку. Сучасний моніторинг - це складна система, що поєднує інноваційні технології, наукові підходи та управлінські рішення. В умовах глобальних викликів її роль зростає, тому інвестиції у вдосконалення методів збору, аналізу та прогнозування є вкрай необхідними.

Кіберфізична система моніторингу води - це комплекс технологічних рішень, що інтегрує фізичні пристрої, сенсори, комп'ютерні алгоритми та засоби зв'язку для постійного контролю стану водного середовища. Вона відстежує якість води, її рівень, температуру, витрату та інші параметри, що дає змогу оперативно виявляти ризики.

Основу системи становить мережа сенсорів, встановлених у стратегічно важливих точках, які передають дані через бездротові протоколи (NB-IoT,

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

LoRaWAN, супутниковий зв'язок) до центрів обробки. Там інформація аналізується за допомогою штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання. Це дає змогу не лише контролювати поточну ситуацію, а й прогнозувати загрози - забруднення, повені чи посухи. Такі системи дозволяють візуалізувати дані, моделювати сценарії поширення забруднень і формувати рекомендації для ефективного управління водними ресурсами. Їх також можна інтегрувати в інфраструктуру розумного міста для раціонального водоспоживання в комунальній і промисловій сферах.

Кіберфізичні системи моніторингу водних ресурсів можуть включати автоматизовані елементи керування, як-от регулювання шлюзів чи насосних станцій на основі аналізу поточних даних і прогнозів. Це дозволяє запобігати надмірному споживанню води, знижувати ризики від стихійних лих і підтримувати якість води. Завдяки гнучкій архітектурі та хмарній інтеграції такі системи легко масштабуються під потреби конкретного регіону, сприяючи сталому розвитку водного господарства.

Структура кіберфізичної системи включає кілька ключових компонентів. Насамперед - це мережа сенсорів, які вимірюють фізико-хімічні параметри води: температуру, рівень рН, електропровідність, концентрацію кисню та забруднень. Вони можуть бути встановлені на поверхні, під водою або на берегових платформах і працюють у режимі реального часу.

Передача даних здійснюється через різні канали зв'язку - мобільні мережі (3G, 4G, 5G), технології LPWAN (LoRa, NB-IoT), супутникові канали або кабельні з'єднання. Вибір залежить від географічних умов і вимог до швидкості та стабільності передачі інформації. Обчислювальна потужність і аналітичні алгоритми дозволяють обробляти отримані дані, аналізувати їх і генерувати прогнози. Використання штучного інтелекту та машинного навчання допомагає виявляти аномалії у водних ресурсах, прогнозувати екологічні загрози та оптимізувати управління водною системою.

Геоінформаційні системи (ГІС) візуалізують дані у вигляді інтерактивних

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

карт, що відображають зміни у водних ресурсах, допомагаючи в управлінні, виявленні забруднень і просторовому аналізі. Користувачі працюють із системою через веб-платформи, мобільні додатки чи інтегровані рішення для органів влади, бізнесу та екологічних служб, отримуючи доступ до актуальних і архівних даних, аналітики та інструментів управління.

Автоматизовані системи керування можуть реагувати на небезпечні зміни води, налаштовуючи шлюзи, керуючи насосами чи активуючи очищення. Хмарні технології забезпечують централізоване зберігання й обробку даних, масштабуючи систему та інтегруючи її з іншими платформами.

Таким чином, кіберфізична система моніторингу об'єднує фізичні, цифрові та аналітичні компоненти для ефективного контролю, аналізу й управління водними екосистемами. Водночас розвиток цих систем стикається з інфраструктурними викликами: у багатьох регіонах бракує технічної бази для розгортання сенсорних мереж і IoT-рішень, а низький рівень цифровізації і стан водопровідних мереж ускладнюють інтеграцію таких систем. Фінансові бар'єри також відіграють важливу роль.

Впровадження сучасних датчиків, хмарних платформ і аналітичних алгоритмів часто ускладнюється високими витратами, що стає перешкодою для урядів і компаній. Попри довгострокові вигоди, такі проекти потребують значних інвестицій. Також важливо забезпечувати точність і надійність даних, адже датчики можуть давати помилки через кліматичні умови, технічні несправності або забруднення. Це вимагає розробки методів калібрування, самодіагностики й автоматичної корекції.

Кібербезпека є ключовим викликом, оскільки системи обробляють великі обсяги даних у реальному часі і можуть бути вразливими до хакерських атак. Необхідні надійні механізми шифрування та захисту інформації.

У майбутньому розвиток систем пов'язаний із впровадженням штучного інтелекту та машинного навчання, що дозволить точніше прогнозувати зміни у

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

водних екосистемах, посухи, повені та забруднення. Супутниковий моніторинг у поєднанні з сенсорними мережами дає детальнішу картину стану водних ресурсів на глобальному рівні, що важливо для контролю кліматичних змін.

Розширення співпраці між урядами, науковцями і приватним сектором сприятиме поширенню кіберфізичних систем. Відкриті платформи для обміну даними підвищать ефективність управління водними ресурсами і допоможуть створювати стійкі водні стратегії.

Кіберфізичні системи моніторингу води сприяють раціональному використанню ресурсів, зниженню екологічних ризиків і стабільному водопостачанню. Розумна система управління водою (SWMS) об'єднує датчики, IoT, штучний інтелект і хмарні технології для збору й аналізу даних у реальному часі. Вона допомагає контролювати якість і кількість води, виявляти витіки, прогнозувати посухи чи повені, а також автоматизувати управління водними мережами. Приклади таких систем - Singapore Smart Water Grid, IBM Intelligent Water Platform і Smart Water у Барселоні. Ці рішення підвищують ефективність водокористування та підтримують екологічну безпеку.

У майбутньому впровадження кіберфізичних систем моніторингу води стане важливим фактором для вирішення глобальних проблем водопостачання та зміни клімату. Існують численні приклади таких систем у різних країнах. Sustainable Water Management in Urban China (SWITCH) допомагає керувати водними ресурсами в китайських мегаполісах, об'єднуючи дані з датчиків, кліматичні моделі та ГІС-аналітику. У ЄС діє система WATERMON для моніторингу якості річкової та озерної води, що працює згідно з Директивою водної політики, використовуючи автоматизовані станції. В Індії національний гідрологічний проект (NHP) застосовує сенсорні мережі, аналітику великих даних і прогнози для управління водою. Aquarius System у США та Канаді контролює якість питної води та управління водними об'єктами за допомогою IoT і супутникового моніторингу. У Південній Кореї Smart Water Grid оптимізує водопостачання та зменшує втрати в міських мережах. Програма Copernicus у Європі використовує супутникові дані

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

для оцінки стану водойм і виявлення екологічних загроз. Ці системи показують, як кіберфізичні технології допомагають зберігати водні ресурси, ефективно ними управляти і швидко реагувати на потенційні небезпеки.

Ці приклади свідчать, що використання кіберфізичних технологій для моніторингу водних ресурсів набуває поширення у світі і має великий потенціал. Водночас в Україні така концепція поки що застосовується мало, переважно через високу вартість впровадження, хоча вона могла б стати ключовою особливо в процесі післявоєнної відбудови міст. Тому розробка та проектування кіберфізичної системи моніторингу водних ресурсів є актуальним завданням для України. Це дослідження буде зосереджено на створенні методу, що лежить в основі функціонування такої системи[1]

1.2 Аналіз програмного забезпечення для обробки та зберігання даних у системах моніторингу води

Вода – найважливіший природний ресурс, що підтримує життя на планеті. Якість води є ключовою для добробуту людей, охорони довкілля та економічного розвитку. Світ стикається з великими труднощами у моніторингу та управлінні водними ресурсами. Безпечна питна вода - не лише основне право людини, а й важливий чинник здоров'я та сталого розвитку. Хоча доступ до покращених джерел води розширюється, дефіцит води все ще зачіпає близько чотирьох мільярдів людей щороку. На якість води впливають як природні явища, так і людська діяльність - сільське господарство, промисловість, урбанізація. Виклики посилюються через зміну клімату та зростання населення. Забруднення води спричиняє спалахи небезпечних хвороб, що становить загрозу для здоров'я. Погана якість води також негативно впливає на економіку. Ціль сталого розвитку ООН №6 «Чиста вода та санітарія» спрямована на забезпечення доступу до безпечної води та санітарії для всіх.

ЦСР 6 охоплює завдання щодо підвищення якості води, розширення доступу

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до чистих джерел, покращення санітарних послуг та вирішення проблем дефіциту і забруднення води. Ця мета є ключовою для зміцнення громадського здоров'я, зниження захворювань, що передаються через воду, і підтримки сталого розвитку.

Вода дуже чутлива до змін клімату. Дослідження Duran-Encalada та співавторів показує, що зміна клімату істотно впливає на кількість і якість води, а також на інші її характеристики. Загострення проблеми посилюється через зростання населення, що підвищує попит на воду, призводить до зменшення і погіршення поверхневих вод, а також зниження хімічної якості річок. Внаслідок цього багато людей, особливо в країнах, що розвиваються, страждають від смертельних наслідків, пов'язаних із водними проблемами, як ілюструє рис.1.[51]

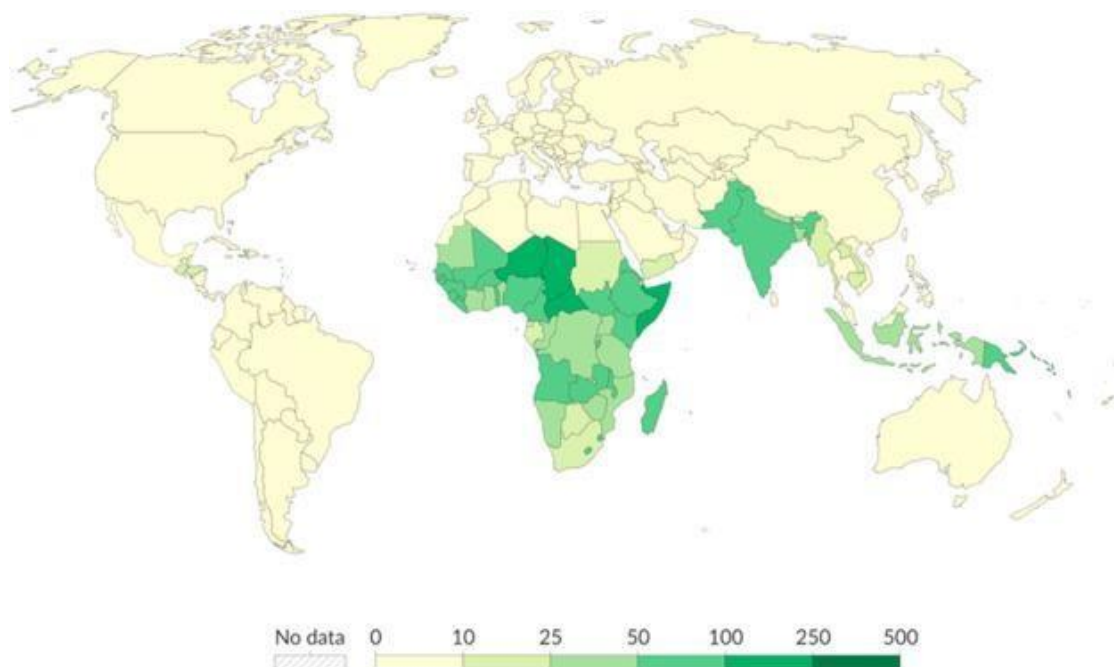


Рисунок 1.1 – Смертельні наслідки через проблеми, пов'язані з водою

Моніторинг якості води (WQM) є надзвичайно важливим завданням, яке потребує міждисциплінарного підходу - від розуміння факторів, що впливають на якість води, до розробки стратегій її покращення, управління ресурсами та впровадження відповідної політики й норм. Важливу роль відіграє також залучення місцевих громад, зацікавлених сторін і підвищення обізнаності населення про значення якості води.

Розвиток технології Інтернету речей (IoT) суттєво трансформував WQM, зробивши його більш ефективним і доступним. Очікується, що до 2025 року кількість підключених IoT-пристроїв досягне 30,9 мільярдів, що стимулюватиме подальше впровадження цих технологій у моніторингу води в режимі реального часу. Завдяки недорогому та високопродуктивному апаратному забезпеченню, а також бездротовим технологіям, таким як Wi-Fi, RFID, LPWAN та стільникові мережі, віддалений моніторинг став можливим, що підвищує точність і надійність збору даних.

Дистанційний моніторинг за допомогою IoT дозволяє оперативно виявляти аномалії та зміни у якості води, що забезпечує своєчасне реагування і кращий захист водних ресурсів. Технологія IoT має переваги над традиційними методами, забезпечуючи безперервний моніторинг у реальному часі, економічну ефективність і ширше охоплення, а також збір даних для аналізу та управління.

Однак самі пристрої IoT не гарантують покращення якості води - важливим є аналіз і інтерпретація зібраних даних. Тут на допомогу приходять методи машинного навчання (ML), які мають чотири основні типи: контрольоване, неконтрольоване, навчання з підкріпленням і напівконтрольоване. Контрольоване навчання класифікує дані та виявляє аномалії, неконтрольоване - шукає патерни та незвичні події, навчання з підкріпленням оптимізує процеси управління, а напівконтрольоване комбінує позначені й непозначені дані для класифікації.

Інтеграція IoT і ML відкриває великі можливості для покращення моніторингу якості води, дозволяючи збирати та аналізувати дані в режимі реального часу, швидко реагувати на проблеми і ефективно захищати водні ресурси та здоров'я людей. Крім того, ця комбінація допомагає виявляти першопричини забруднень, аналізуючи вплив людської діяльності.

Ця цінна інформація може слугувати надійною основою для розробників політики та зацікавлених сторін у створенні ефективних стратегій збереження водних ресурсів і сприянні сталим практикам управління ними. Наш аналіз надає всебічний огляд застосування Інтернету речей (IoT) та машинного навчання (ML)

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у системах моніторингу якості води (WQM), демонструючи їх гнучкість і ефективність у різних сферах.

Метою є показати різні способи інтеграції IoT і ML у таких областях, як очищення стічних вод і побутове управління якістю води. Завдяки поєднанню датчиків IoT із потужними алгоритмами ML для моніторингу в реальному часі, стаття підкреслює здатність швидко ідентифікувати забруднювачі та підтримувати обґрунтовані рішення щодо систем очищення, що забезпечує безпеку питної води.

Крім того, звертається увага на застосування цієї інтеграції у промислових умовах для дотримання нормативних стандартів WQM, а також у сільському господарстві для покращення управління водними ресурсами. Завдяки різноманітним прикладам використання, наша мета - підкреслити трансформаційний потенціал синергії IoT та ML у просуванні ефективного та сталого моніторингу якості води у різних секторах. [2]

1.3 Огляд систем Smart Water Grid (Південна Корея)

У Південній Кореї у 2012 році була створена дослідницька група Smart Water Grid (SWGRG) для забезпечення надійного водопостачання у відповідь на зростаючий попит. Метою групи стало впровадження інформаційних та комунікаційних технологій у управління водними ресурсами та створення живої лабораторії для демонстрації роботи Smart Water Grid (SWG). Жива лабораторія розташована на острові Йончжонг у Інчхоні, площа якого становить 17,4 км², а населення - близько 8000 осіб. Це стратегічне розташування, адже через територію проходить єдиний підводний трубопровід, що робить її оптимальним місцем для реагування на кризові ситуації з водою та побудови системи водопостачання під час надзвичайних подій.

У період з 2017 по 2019 роки в живій лабораторії встановили ультразвукові інтелектуальні лічильники води та мережу Advanced Metering Infrastructure (AMI) на основі стандарту IEEE 802.15.4 на 527 об'єктах у 958 зонах споживачів. Це

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дослідження демонструє розвиток ключових технологій SWG, таких як інтелектуальне управління джерелом води та системою розподілу, створення розумної мережі розподілу води, розробка стратегій планування, контролю та операцій, мереж АМІ і відповідних пристроїв. Операційні рішення включають збір і аналіз інтелектуальної статистики води, реальний аналіз попиту та пропозиції, систему підтримки прийняття рішень, аналіз гідравлічної мережі трубопроводів у реальному часі, керування базою даних Smart DB та мобільний додаток для інформування користувачів. Всі ці елементи були протестовані та впроваджені через польові роботи в живій лабораторії [3].

1.4 Огляд системи Sonde Platform (США)

Платформа EXO Sonde від YSI (бренд Xylem) є комплексним рішенням для постійного моніторингу якості води у різних водних середовищах, включаючи океани, естуарії, річки, озера та підземні води. Зонди EXO мають модульну архітектуру, що дозволяє налаштовувати їх за допомогою різних розумних датчиків, забезпечуючи одночасний моніторинг таких параметрів, як температура, електропровідність, рН, розчинений кисень і каламутність. Вони оснащені передовими системами захисту від нальоту, що зменшує потребу в обслуговуванні та забезпечує цілісність даних протягом тривалого часу. Конструкція зондів міцна та пристосована для роботи у суворих умовах, від мілководних струмків до глибоких океанських вод. Платформа підтримує численні варіанти інтеграції і зв'язку, що сприяє безперебійній передачі даних та інтеграції з існуючими системами моніторингу. Особлива увага приділяється збору точних і надійних даних, необхідних для моніторингу навколишнього середовища та прийняття рішень. [4]

1.5 Огляд проєкту WATERNOMICS (ЄС)

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою проекту Waternomics є дослідження способів застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для допомоги домогосподарствам, підприємствам і муніципалітетам у зменшенні споживання та втрат води в межах управління водними ресурсами. Ключовий компонент проекту полягає у зборі даних про споживання води та контекстної інформації з різних джерел, які використовуються для аналітики і прийняття рішень з метою оптимізації водокористування - зокрема для планування, коригування, прогнозування та підвищення обізнаності користувачів щодо їхнього споживання.

Проект розробив методологію, що заповнює прогалини у водному секторі, де існує недостатня кількість стандартів для реалізації планів управління водними ресурсами. Ця методологія створює основу для вдосконалення управління водою та демонструє, як різні стандарти, зокрема запозичені з енергетичного сектору (IPMVP, ISO 14046, ISO 50001-2), можуть мотивувати організації й домогосподарства ефективніше використовувати воду.

У рамках Waternomics для чотирьох демонстраційних майданчиків розроблено системи виявлення та діагностики несправностей (FDD) на основі правил і моделей. Зокрема, на італійському майданчику - аеропорту Лінате в Мілані — для моніторингу витоків застосовано підхід районної вимірювальної зони.

В аеропорту Лінате встановлено сенсорні дисплеї, які залучають пасажирів, допомагають розрахувати їхній водний слід та надають поради щодо зменшення споживання води. Консалтингова агенція R2M досліджує післяпроектну експлуатацію платформи та методології Waternomics на основі моделі SWaaS, орієнтуючись на промислові підприємства та громадські будівлі в південній Європі.

R2M розробила нову методологію, базовану на стандартах, щоб стимулювати організації до систематичного вибору технологій, точок вимірювання, методів збору та управління даними для впровадження систем управління водними ресурсами на основі ІКТ. Компанія керувала розробкою проекту на італійському

						КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
							17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

демонстраційному майданчику в аеропорту Лінате (Мілан) з метою створення системи Smart Water Management.

Було докладено значних зусиль для розробки нової модельної системи виявлення та діагностики несправностей водопровідної мережі аеропорту шляхом впровадження гідравлічної моделі мережі, вибору відповідних технологій і встановлення фізичної інфраструктури, що відповідає цілям Waternomics.

Також R2M сприяла розробці веб-платформи для підвищення обізнаності персоналу й пасажирів про споживання води. Завершення проєкту було заплановане на січень 2017 року. Здобутий досвід дасть R2M змогу використовувати найновіші ІКТ та інструменти, розроблені в рамках Waternomics, для подальшого розвитку значущих партнерств у водному секторі.[5]

1.6 Огляд системи HydroNET (Нідерланди)

HydroNET - це хмарна платформа підтримки прийняття рішень, розроблена голландською компанією HydroLogic для ефективного управління водними ресурсами. Платформа широко застосовується в Нідерландах та інших країнах для моніторингу, аналізу та планування у водному секторі.

Вона має хмарну архітектуру (SaaS), що забезпечує доступ до даних і інструментів через веб-браузер без потреби встановлення спеціального програмного забезпечення. HydroNET інтегрує дані з різних джерел, таких як метеорологічні служби, супутникові спостереження, гідрологічні моделі, що дозволяє створювати повну картину стану водних ресурсів.

Користувачі можуть налаштовувати інтерактивні інформаційні панелі для відображення ключових показників, графіків і карт у реальному часі. Платформа також надає інструменти для аналізу сценаріїв, прогнозування і планування заходів у відповідь на зміни в умовах водопостачання та клімату.

HydroNET використовується в різних сферах водного господарства, зокрема для управління міськими водними системами, допомагаючи планувати реагування

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на повені, посухи та інші екстремальні погодні явища. В агросекторі підтримує фермерів у прийнятті рішень щодо іригації та оптимізації водних ресурсів для підвищення врожайності. Крім того, платформа сприяє екологічному моніторингу, допомагаючи зберігати екосистеми через контроль якості води і управління водними ресурсами в природоохоронних зонах. HydroNET отримала міжнародне визнання за свій внесок у сталий розвиток та ефективне управління водними ресурсами. Платформа активно використовується в Нідерландах та інших країнах, включаючи Австралію, Південну Африку, Італію та Колумбію, де вона закінчила вирішувати складні завдання в галузі водного господарства.[6]

1.7 Огляд рішень для моніторингу води на базі Arduino/ESP (DIY-підхід)

Сучасні недорогі мікроконтролери, такі як Arduino, ESP8266 та ESP32, дозволяють створювати прості, але функціональні системи моніторингу якості води у рамках підходу DIY (Do It Yourself - «зроби сам»). Такі рішення особливо популярні серед студентів, дослідників, ентузіастів та у навчальних проєктах.

DIY-системи зазвичай використовують датчики для вимірювання основних параметрів води: температури, рН, електропровідності, мутності (turbidity), рівня води та інших. Отримані дані можуть зберігатися локально (наприклад, на SD-карті) або надсилатися до хмарних сервісів за допомогою Wi-Fi або мобільного зв'язку.

Для передавання та візуалізації даних часто використовуються платформи, такі як ThingSpeak, Blynk або MQTT-брокери. Arduino забезпечує базову обробку сигналів, тоді як ESP-чіпи дозволяють реалізувати бездротовий зв'язок без додаткових модулів.

Існує велика кількість відкритих проєктів, де розробники діляться повністю готовими схемами, кодом і інструкціями зі збирання. Наприклад, системи моніторингу якості води в колодязях, річках або акваріумах, які вимірюють рН,

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температуру і загальну мінералізацію води, з надсиланням показників у мобільний застосунок через Wi-Fi

Основні переваги таких рішень - низька вартість, простота реалізації та можливість гнучкого налаштування. Однак є й недоліки: порівняно невисока точність датчиків, обмежена довговічність при тривалому зовнішньому використанні, чутливість до умов навколишнього середовища та потреба у технічних навичках.

Загалом, DIY-рішення на базі Arduino та ESP ідеально підходять для прототипування, освітніх цілей та моніторингу в умовах обмеженого бюджету. Вони відкривають широкі можливості для експериментів та вдосконалення.

В Україні поступово розвивається система моніторингу водних ресурсів, яка охоплює як державні, так і локальні та громадські ініціативи. Одним із ключових напрямів є модернізація лабораторій Державного агентства водних ресурсів України. Цей процес спрямований на приведення до стандартів Водної рамкової директиви Європейського Союзу. До 2028 року передбачено впровадження сучасних методик вимірювання пріоритетних забруднювачів, акредитацію лабораторій за міжнародним стандартом ISO 17025 та підвищення кваліфікації персоналу.

Окремої уваги заслуговує розробка інтерактивних систем моніторингу води в окремих регіонах, зокрема в Чернігівській області. Тут впроваджено онлайн-платформу, яка дозволяє в режимі реального часу відстежувати показники якості води, аналізувати динаміку змін, візуалізувати дані на картах і дашбордах, а також робити висновки про вплив господарської діяльності на водні ресурси.

Національна платформа "ЕкоЗагроза" є ще одним прикладом сучасного підходу до збору та оприлюднення даних про стан довкілля. Зокрема, вона надає доступ до інформації про концентрації забруднюючих речовин у воді, таких як пестициди, фармацевтичні препарати, важкі метали та інші шкідливі сполуки. Платформа особливо актуальна в умовах надзвичайних ситуацій та воєнних дій, коли моніторинг екологічного стану стає критично важливим.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Україна також активно залучається до міжнародних екологічних ініціатив. У рамках співпраці з Фінляндією здійснюється моніторинг біорізноманіття та якості поверхневих вод, а спільно з Польщею впроваджуються нові підходи до швидкої оцінки стану води у прикордонних регіонах. Ці проєкти сприяють обміну досвідом, впровадженню європейських стандартів і підвищенню ефективності управління водними ресурсами.

Важливу роль у формуванні екологічної культури відіграють громадські ініціативи. Щорічне проведення Всесвітнього дня моніторингу якості води в Україні супроводжується освітніми заходами, до яких залучаються школярі, студенти, вчителі, активісти й науковці. Такі події сприяють підвищенню поінформованості населення щодо екологічних проблем і формують відповідальне ставлення до збереження природних ресурсів.

Загалом, українські ініціативи в галузі моніторингу води демонструють прагнення до інтеграції у європейський екологічний простір, підвищення точності спостережень, ефективного управління ресурсами та реагування на новітні виклики, пов'язані як з кліматичними змінами, так і з воєнними загрозами.

1.8 Висновки до першого розділу

У ході аналізу було встановлено, що кіберфізичні системи моніторингу стану води є ключовим інструментом для забезпечення сталого управління водними ресурсами та екологічної безпеки. Вони поєднують у собі сенсорні технології, засоби бездротової передачі даних, програмні модулі для обробки інформації та хмарні сервіси для зберігання та візуалізації результатів. Основними перевагами таких систем є здатність до автоматизованого, безперервного моніторингу, швидкої реакції на зміни параметрів водного середовища та масштабованість відповідно до потреб конкретного регіону чи об'єкта.

Огляд існуючих прикладів впровадження кіберфізичних систем у різних країнах показав широкий спектр архітектурних рішень, технологій та підходів.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Успішні реалізації в США, Європі та Україні доводять ефективність таких систем як у централізованих державних програмах, так і в локальних або громадських ініціативах. Зокрема, поєднання апаратних засобів (на зразок сенсорних платформ, контролерів Arduino/ESP) з програмними інструментами (для аналізу, прогнозування та управління) створює основу для побудови адаптивних, надійних та доступних систем моніторингу.

Таким чином, кіберфізичні системи моніторингу води мають високий потенціал для подальшого розвитку та інтеграції в інфраструктуру екологічного контролю. Їх впровадження дозволяє своєчасно виявляти загрози забруднення, оптимізувати водокористування та сприяти прийняттю обґрунтованих управлінських рішень.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2 ПРОЄКТУВАННЯ СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДИ

2.1 Стандартна модель MVC

Проектування серверної частини кіберфізичної системи моніторингу стану води включає визначення ключових апаратних і програмних компонентів, що забезпечують збір, обробку, збереження та візуалізацію даних, отриманих від сенсорних вузлів.

Для розробки програмної складової серверної частини використовується архітектурний шаблон MVC (Model-View-Controller), який широко застосовується для створення масштабованих і підтримуваних веб-додатків та сервісів.

Шаблон MVC передбачає поділ системи на три основні компоненти, що взаємодіють між собою:

Стандартну модель MVC подано на рисунку 2.1 [52].



Рисунок 2.1 – Стандартна модель MVC

Model (Модель) - відповідає за зберігання даних, реалізацію бізнес-логіки та управління станом системи. У контексті моніторингу води модель реалізує функції обробки та збереження інформації про параметри водного середовища, а також забезпечує алгоритми аналізу і агрегації отриманих даних;

View (Представлення) - відповідає за відображення даних користувачу через веб-інтерфейс. Цей компонент формує графіки, таблиці, інтерактивні карти та інші візуальні елементи, що дозволяють оперативно оцінювати стан водних ресурсів;

Controller (Контролер) - виконує роль посередника між моделлю і представленням. Він приймає запити від користувача або зовнішніх джерел,

Отже, основною метою є чіткий поділ системи на модулі для забезпечення гнучкості, масштабованості та зручності підтримки. Цей поділ можна представити у вигляді трьох основних кроків:

Крок 1. Відокремлення бізнес-логіки від інтерфейсу користувача:

Система розбивається на два основні модулі: модуль бізнес-логіки (Model) та модуль інтерфейсу користувача (View).

Model містить весь функціонал обробки і збереження даних про параметри води, реалізуючи ядро системи.

View відповідає за відображення інформації та взаємодію з користувачем, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілий і зручний інтерфейс.

Крок 2. Використання шаблону "Спостерігач":

Цей крок спрямований на забезпечення незалежності між Model та View, а також синхронізацію даних у режимі реального часу.

Model розсилає повідомлення про зміни стану всім зацікавленим компонентам, зокрема View та Controller (вони виступають у ролі "спостерігачів").

View, будучи передплатником, отримує ці повідомлення і автоматично оновлює відображення, що гарантує актуальність інформації.

Крок 3. Централізація логіки взаємодії через Controller:

Controller виступає посередником між користувачем і системою, приймаючи запити від інтерфейсу і перетворюючи їх у команди для Model.

Це дозволяє зберігати бізнес-логіку відокремленою від інтерфейсних компонентів і забезпечує гнучке управління потоками даних і подій у системі.

Таким чином, застосування цих принципів у проектуванні серверної частини кіберфізичної системи моніторингу стану води забезпечує ефективну організацію коду, зручність розширення функціональності та підтримку масштабованості системи.

Крок 3. Поділ інтерфейсу на View та Controller:

Інтерфейс користувача поділяється на дві складові: View (відповідальний за відображення даних) та Controller (відповідальний за обробку дій користувача).

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

View відповідає за виведення інформації, наприклад, графіків, таблиць та повідомлень, які допомагають користувачеві оцінити стан води.

Controller займається прийомом і обробкою команд та введених даних від користувача, перетворюючи їх у запити до Model.

Виходячи з наведеного та дотримуючись принципів архітектурного шаблону MVC, складну кіберфізичну систему моніторингу стану води доцільно розділяти на модулі:

Model - найбільш автономна частина системи, яка містить бізнес-логіку і забезпечує роботу з даними;

Інтерфейс користувача, що поділяється на View (для відображення інформації) та Controller (для обробки дій користувача).

Такий поділ сприяє підвищенню гнучкості, полегшує підтримку та масштабування системи, а також забезпечує розмежування обов'язків між компонентами серверної частини.

Ось адаптований і відредагований текст під твою тему - проектування серверної частини кіберфізичної системи моніторингу стану води з урахуванням MVC:

Завдяки застосуванню архітектурного шаблону MVC можна розробляти та тестувати кожен модуль незалежно, що забезпечує високу гнучкість і масштабованість системи. Основна мета MVC полягає у створенні гнучкого дизайну програмного забезпечення, який спрощує подальші зміни або розширення функціоналу, а також дозволяє повторно використовувати окремі компоненти.

Крім того, впровадження цього шаблону у великих системах сприяє впорядкованості структури, робить її більш зрозумілою та знижує загальну складність.

Модель системи складається з класів, які відповідають за обробку та зберігання даних, таких як InitialWaterData, SensorData, ProcessedData. Ці класи містять у собі логіку обробки отриманих показників стану води.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Контролер MainController відповідає за обробку всіх HTTP-запитів, які надходять від користувачів або інших системних компонентів. Повний перелік дозволених запитів наведено у таблиці 2.1.

Інтерфейс користувача серверної частини складається з небагатьох сторінок, адже більшість логіки функціонує на сервері, поза межами безпосередньої взаємодії користувача:

StartPage - початкова точка входу до системи, на якій користувач задає початкові параметри моніторингу, вибирає локацію та налаштовує критерії збору даних.

ResultsPage - сторінка, де відображаються оброблені результати моніторингу та аналітична інформація щодо стану води.

Для розробки кожного з модулів використовувалися технології, що не залежать від конкретної операційної системи чи апаратної платформи, що забезпечує кросплатформенність та гнучкість розгортання.

Структура серверного інтерфейсу з базовою веб-архітектурою включає:

Views - шаблони сторінок для виводу інформації користувачу;

Index.js- основний файл для запуску і розгортання системи на сервері;

Models- класи бізнес-логіки та обробки даних;

Controllers - модулі, які обробляють запити та координують взаємодію між моделями і виглядом;

Routes - система маршрутизації веб-запитів для визначення обробників конкретних URL.

Таблиця 2.1 – Опис запитів

HTTP-метод доступу	Функція

Таким чином, інтерфейс створеної системи має чітку, зрозумілу структуру, що відображає її основний функціонал та забезпечує зручність використання для кінцевого користувача.

2.2 Детальний опис моделей даних моніторингу стану води

Кожен тип даних, що використовується для моніторингу стану води, представлений окремою сутністю у вигляді моделі (Model) відповідно до архітектурного шаблону MVC. Ці моделі забезпечують структурування, зберігання та обробку отриманих параметрів водного середовища, таких як температура, рН, рівень кисню, електропровідність, каламутність тощо.

Усі компоненти серверної частини працюють узгоджено та інтегровано: кожен модуль виконує свою роль, але при цьому підтримує тісну взаємодію з іншими елементами системи. Такий підхід дозволяє оперативно отримувати, аналізувати та виводити результати у зрозумілому для користувача вигляді.

Після запуску системи користувачем та введення початкових параметрів (наприклад, вибору локації чи джерела води), автоматично активуються основні компоненти системи:

Модуль збору даних - отримує дані з фізичних датчиків (під'єднаних до контролера або переданих через бездротові канали), або з відкритих джерел даних (наприклад, з відкритих API державних служб).

Модуль обробки даних - виконує попередню очистку, нормалізацію, перевірку на наявність аномалій, а також формує агреговані показники для подальшого аналізу.

База даних - централізоване сховище для збереження історичних і поточних значень усіх параметрів. Дає змогу швидко виконувати запити та генерувати звіти.

API для доступу до даних - реалізує взаємодію між клієнтською частиною, контролерами та зовнішніми системами. Завдяки REST-архітектурі дані можуть легко передаватися у форматах JSON або XML.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Модуль моніторингу та логування - контролює стабільність роботи всієї системи, записує журнали подій, збоїв та забезпечує аудит дій користувача.

Модуль виводу (сторона клієнта) - відповідає за візуалізацію інформації у вигляді графіків, таблиць, попереджень тощо.

Кожна з перелічених складових взаємодіє із власною або загальною Model-сутністю, в якій реалізовано логіку роботи з конкретним типом даних. Наприклад, модель PhLevelData відповідатиме за обробку показників кислотності, а модель TemperatureData - за контроль температурного режиму.

Завдяки такій структурі система легко масштабована: у разі потреби до неї можна додати нові параметри (наприклад, рівень нітратів або важких металів), не змінюючи основної архітектури. Уся логіка розміщена на серверній частині, що також полегшує оновлення й супровід програмного забезпечення без залучення користувача до технічних деталей.

Блок-схема функціонування модулів подано на рисунку 2.2.

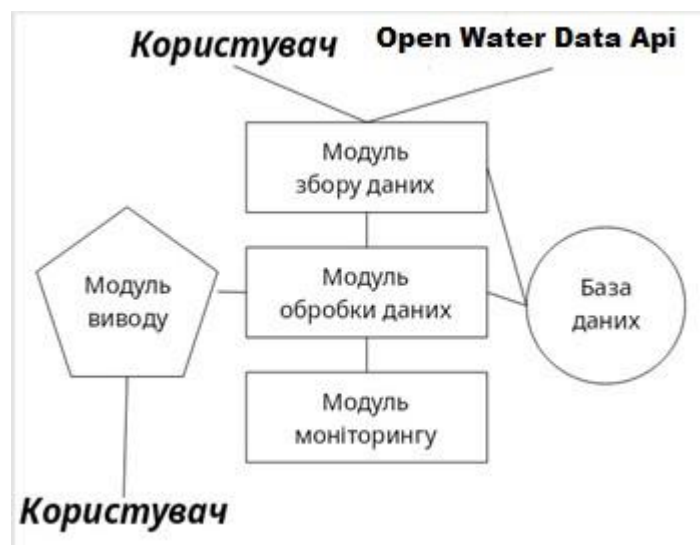


Рисунок 2.2 – Блок-схема функціонування модулів

2.3 Модуль збору даних

Ось оновлений текст, адаптований до використання Open Water Data API у серверній частині кіберфізичної системи моніторингу стану води:

Система моніторингу стану води включає кілька ключових компонентів, серед яких основним є ****модуль збору даних****. Цей модуль відповідає за отримання актуальної інформації про якість води з використанням ****Open Water Data API****, який надає відкритий доступ до гідрологічних та водоохоронних даних з офіційних джерел у США.

Система надсилає запити до API, отримує параметри якості води (наприклад, рівень води, температуру, рН, електропровідність, розчинений кисень тощо) у форматі JSON чи XML, після чого модуль перетворює їх у внутрішній стандартизований формат. Це забезпечує уніфіковану обробку незалежно від джерела.

Отримані дані зберігаються у базі даних: як у вигляді необроблених значень, так і у вигляді структурованої інформації для подальшої аналітики. Такий підхід дозволяє не лише забезпечити миттєвий доступ до оновлених показників, а й створити довготривалий архів для виявлення змін у стані водних ресурсів з часом.

2.4 База даних

База даних відіграє ключову роль у функціонуванні кіберфізичної системи моніторингу стану води. Вона слугує центральним сховищем для всіх даних: як необроблених, отриманих із зовнішніх джерел (наприклад, через Open Water Data API), так і оброблених, що використовуються для подальшої аналітики та прийняття рішень.

Для цієї системи обрано ****реляційну базу даних Microsoft SQL Server (MsSQL)**. Вона дозволяє ефективно зберігати структуровані дані, які були перетворені з форматів типу JSON у реляційний вигляд, зручний для обробки в SQL-середовищі. Хоча існують і нереляційні рішення, орієнтовані на зберігання великих обсягів напівструктурованих даних, таких як прогнози JSON-масиви,

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

MsSQL було обрано для зменшення витрат ресурсів та забезпечення стабільності системи.

Microsoft SQL Server - це потужна система управління базами даних, що підтримує високонавантажені транзакції, бізнес-аналітику та засоби роботи з великими масивами даних у корпоративному середовищі. Вона побудована на основі мови SQL і розширена власною мовою Transact-SQL (T-SQL), яка дозволяє більш гнучко та ефективно виконувати запити, обробляти логіку на стороні бази даних, реалізовувати тригери, збережені процедури, перегляди тощо.

Архітектура MsSQL базується на **реляційній моделі**, що дозволяє зв'язувати таблиці між собою за допомогою зовнішніх ключів та зберігати дані без дублювання. Такий підхід забезпечує **референтну цілісність** і дозволяє дотримуватися принципів **ACID** (атомарність, узгодженість, ізоляція, стійкість), що критично важливо для надійної обробки транзакцій.

Ключовим компонентом MsSQL є **Database Engine** — механізм, що відповідає за зберігання, доступ, обробку та безпеку даних. До одного серверу може бути підключено до 50 екземплярів цього механізму. Він складається з реляційного рушія, який опрацьовує команди та запити, а також рушія зберігання, що управляє файлами, індексами, буферами даних і транзакціями.

Підключення до SQL Server здійснюється за допомогою клієнтських інструментів (наприклад, SSMS або програмних засобів через бібліотеки), де необхідно вказати ім'я сервера (екземпляра), а також протокол і порт, якщо використовується віддалений доступ.

Використання MsSQL як основи для зберігання даних у цій системі дозволяє забезпечити масштабованість, високу доступність і зручність обробки великих обсягів інформації про стан водних ресурсів.

2.5 API для доступу до даних

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

API у даній кіберфізичній системі виступає як ключовий інтерфейс для надання доступу до як оброблених, так і необроблених даних зовнішнім користувачам, застосункам та іншим інформаційним системам. Він дозволяє здійснювати обмін даними за допомогою простих HTTP-запитів, що робить систему відкритою для інтеграції, гнучкою та придатною до масштабування. Завдяки API сторонні сервіси можуть отримувати актуальні дані про стан води, результати аналітики або прогнозні моделі у зручному форматі, наприклад, JSON чи XML.

2.6 Модуль моніторингу та логування

Для забезпечення тривалої, надійної та стабільної роботи кіберфізичної системи моніторингу стану води реалізовано окремий модуль моніторингу та запису, який відіграє ключову роль у підтримці безперервності та контролю якості функціонування всіх підсистем.

Цей модуль призначений для постійного відстеження поточного стану системи в режимі реального часу. Збір даних здійснюється через сучасні інструменти веб-розробки, такі як системи логування на стороні сервера (наприклад, 'Winston', 'Log4j', 'Serilog') та інтеграція із засобами зовнішнього моніторингу ('Grafana', 'Prometheus', 'ELK Stack' тощо). Завдяки цим інструментам можливо контролювати як стабільність серверних процесів, так і цілісність отримуваних гідрологічних даних.

Крім того, модуль забезпечує реєстрацію подій та логування усіх ключових процесів - від надходження запитів до бази даних до успішної передачі оброблених даних на клієнтську частину. Усі події системи класифікуються за рівнем важливості (інформаційні, попередження, помилки, критичні збої), що дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення від штатного режиму роботи.

Особливо важливою функцією є обробка помилок і сповіщення про критичні події. У разі виявлення збою (наприклад, втрата з'єднання з API джерелами даних,

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

неполадки з базою даних, перевищення допустимого часу обробки запитів тощо), система автоматично формує повідомлення для адміністратора або відповідальної особи. Ці повідомлення можуть надсилатися через email, Telegram-бота, Slack або інші канали комунікації, що дає змогу швидко втрутитися й усунути проблему до того, як вона вплине на користувачів.

Окремо реалізовано функцію періодичного збереження стану системи — так звані знімки (snapshots), які дають змогу не лише аналізувати стан системи в ретроспективі, але й повертати її до стабільного стану в разі серйозних збоїв. Це реалізується завдяки механізмам резервного копіювання бази даних та кешованих параметрів роботи основних модулів.

Таким чином, модуль моніторингу та запису є не лише засобом контролю, а й активною частиною архітектури безпеки, надійності та відновлення системи. Його інтеграція дозволяє підтримувати високу якість обслуговування, забезпечує своєчасну діагностику проблем і значно підвищує рівень готовності системи до роботи у стресових умовах або при зростанні навантаження.

2.7 Модуль виводу

Для забезпечення інтерактивної взаємодії користувача з кіберфізичною системою застосовується модуль виводу, який відповідає за відображення результатів обробки даних. Це клієнтська частина програмного забезпечення, що реалізована у вигляді набору скриптів, шаблонів та компонентів інтерфейсу. Вона виводить користувачу всю релевантну інформацію з бази даних у зрозумілому та наочному вигляді - графіки, таблиці, текстові описи тощо. Такий підхід забезпечує зручність у сприйнятті результатів та дозволяє ефективно взаємодіяти із системою, не потребуючи глибоких технічних знань.

2.8 Опис ключових модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічної системи, їх взаємодії, обробки даних та обміну інформацією

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Першим кроком у роботі кіберфізичної системи моніторингу стану води є вибір географічних координат для проведення спостережень. Для реалізації цієї функції було обрано веб-бібліотеку Leaflet - легку та потужну JavaScript-бібліотеку для створення інтерактивних карт. Вона дозволяє користувачу взаємодіяти з картою в режимі реального часу, обирати точку спостереження, встановлювати маркери, масштабувати зображення та переглядати додаткову інформацію. Leaflet підтримує завантаження картографічних шарів із відкритих джерел, а також розширення можливостей за рахунок використання численних плагінів. Така гнучкість та підтримка мобільних пристроїв робить її оптимальним вибором для некомерційного, відкритого програмного рішення.

Після того як користувач обирає координати, система автоматично формує запит до Open Water Data API - відкритого інтерфейсу, що надає доступ до актуальних гідрологічних і екологічних даних. API надає значення широкого спектру параметрів, зокрема температури води, хімічного складу, рівня забрудненості, вмісту кисню, рН та мікробіологічних показників. Ці дані є критично важливими для аналізу стану водойм, оцінки рівня безпеки для людини та прогнозування змін у довкіллі.

Після надходження даних у систему, активується модуль збору, який відповідає за ініціацію запитів та збереження отриманої інформації. Отримані значення проходять перевірку, очищення та нормалізацію в уніфікований формат, після чого передаються у модуль обробки. На цьому етапі система виконує базову аналітику, формує часові ряди, обчислює середні та граничні значення, виявляє відхилення та критичні точки. За необхідності, вбудовані алгоритми машинного навчання можуть проводити більш глибокий аналіз та формувати прогнози щодо ймовірних змін якості води у майбутньому.

Вся оброблена інформація інтегрується у вебінтерфейс, де користувач має змогу переглянути дані у зручному вигляді: у вигляді графіків, карт, часових рядів або текстових звітів. Інтерфейс адаптований під різні рівні користувача - від

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фахівців у галузі екології до пересічних громадян, зацікавлених у якості води в своєму регіоні. Кожна зміна або подія в системі фіксується за допомогою модуля моніторингу, який дозволяє відслідковувати технічний стан системи, виявляти помилки та надсилати сповіщення у випадку критичних збоїв.

Таким чином, усі компоненти працюють у єдиному циклі - від збору сирих даних, їх обробки та аналізу, до відображення результатів у доступній формі для кінцевого користувача. Це дозволяє забезпечити повний процес моніторингу стану води в реальному часі з високим ступенем надійності, автоматизації та точності.

Модуль обробки даних, який нормалізує, аналізує та форматує інформацію для зручного зберігання та подальшого використання.

Базу даних, що зберігає всі отримані, оброблені та історичні дані.

API для надання доступу до даних зовнішнім користувачам і підсистемам.

Модуль виводу, який формує інтерфейс для користувачів, відображаючи інформацію у вигляді зручних таблиць, графіків та карт.

Взаємодія між цими модулями організована таким чином, щоб забезпечити швидкий та надійний обмін даними, автоматичне оновлення інформації та ефективну роботу системи в цілому. Така архітектура дозволяє користувачам отримувати актуальні та точні дані про стан води, що є критично важливим для своєчасного прийняття рішень у сфері екологічного моніторингу.

На рисунку 2.3. приведено приклад вигляду застосування бібліотеки Leaflet на практиці.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кінець таблиці 2.1

10.	WATER_LEVEL	Рівень води у вибраному водоймищі, вимірюється у метрах
11.	FLOW_RATE	Швидкість потоку води, вимірюється у м ³ /сек
12.	SUNRISE	Час сходу сонця, що може впливати на фотосинтез у воді

Дані будуть переформатовані у зручний формат, необхідний для моделювання та аналізу стану води й прогнозування її параметрів. Наприклад, JSON-об'єкт з показниками стану води може мати вигляд:

```
{
  "coord": {
    "lon": 30.5167,
    "lat": 50.4333
  },
  "water_quality": {
    "temperature": 15.3,
    "ph_level": 7.2,
    "turbidity": 3.5,
    "dissolved_oxygen": 8.1,
    "conductivity": 450,
    "nitrates": 1.2
  },
  "water_flow": {
    "level": 2.3,
    "flow_rate": 1.5
  },
}
```

```
"timestamp": 1719246810,  
"location_name": "Kyiv"  
}
```

Наступним ключовим етапом роботи системи є аналіз та прогнозування стану води. Хоча багато показників можна отримати з відкритих джерел через API, основна частина розрахунків та моделювання виконується на серверній стороні кіберфізичної системи для отримання точних і своєчасних результатів.

2.9 Висновки до другого розділу

У другому розділі було здійснено комплексне та детальне проектування серверної частини кіберфізичної системи моніторингу стану води. Було визначено та описано ключові функціональні модулі системи, зокрема модуль збору даних, модуль обробки, модуль збереження та модуль візуалізації, а також досліджено особливості їхньої взаємодії в межах загальної архітектури. Кожен із модулів виконує чітко визначені завдання, що дозволяє системі функціонувати ефективно, стабільно та масштабовано. Такий підхід забезпечує гнучкість при зміні вимог, легкість у доопрацюванні та можливість інтеграції з іншими сервісами або компонентами.

В якості джерела вхідних даних було обґрунтовано використання Open Water Data API, що надає доступ до актуальних гідрологічних параметрів, включаючи хімічний склад, температуру, рівень забруднень та інші екологічно значущі показники. Завдяки підтримці стандартизованих форматів обміну та високій точності даних, цей API дозволяє оперативно отримувати інформацію для подальшого аналізу, прогнозування і візуалізації.

Для зберігання даних обрано реляційну базу даних Microsoft SQL Server, що забезпечує надійність, високу продуктивність при роботі з великими масивами інформації та підтримку складних запитів. У базі даних зберігаються як необроблені (сирі) дані, отримані безпосередньо з API, так і попередньо оброблені

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після фільтрації, агрегації та структурування. Такий підхід дозволяє ефективно керувати історією спостережень і формувати звіти з високим рівнем деталізації.

Модуль обробки даних реалізує фільтрацію шумів, перевірку на валідність, обчислення середніх значень, виявлення аномалій та підготовку даних до візуального представлення. Він тісно взаємодіє як з модулем збору, так і з інтерфейсом користувача. Останній, у свою чергу, забезпечує доступ до інформації через графічний інтерфейс, який дозволяє переглядати актуальні показники, динаміку змін, а також аналізувати результати за допомогою діаграм, таблиць і карт.

В основі побудови серверної частини системи закладено архітектурний підхід MVC (Model–View–Controller), що сприяє логічному розділенню відповідальностей: модель відповідає за роботу з даними, представлення - за візуалізацію, а контролер - за логіку взаємодії. Це дозволяє не лише покращити керованість кодом, а й забезпечити гнучке масштабування системи, адаптацію до нових вимог та оперативне внесення змін без порушення її цілісності.

Особливу увагу приділено механізму первинної ініціалізації системи, який реалізовано через вибір координат на інтерактивній карті, створеній за допомогою бібліотеки Leaflet.js. Такий підхід дозволяє користувачу інтуїтивно визначити точку моніторингу на карті, що особливо важливо для динамічних сценаріїв застосування, зокрема у надзвичайних ситуаціях або для мобільних станцій спостереження.

Загалом, проведене проєктування серверної частини підтвердило, що кіберфізична система моніторингу стану води має бути побудована на засадах гнучкості, надійності та здатності до масштабування. Обрані технічні рішення, інструменти та архітектурні підходи дозволили створити стабільну та ефективну основу для роботи системи в умовах постійно змінного навколишнього середовища та високих вимог до точності й швидкості обробки інформації. Це формує підґрунтя для подальшої розробки, інтеграції інтелектуальних функцій та розширення функціональності системи.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДИ

3.1 Сервер баз даних: вимоги до обладнання та програмного забезпечення

У даному підрозділі наведено вимоги до апаратного забезпечення, необхідного для стабільної та надійної роботи серверної частини кіберфізичної системи моніторингу стану води, а також зазначено необхідне програмне забезпечення, яке має бути встановлене на сервер для забезпечення повноцінного функціонування бази даних.

Для реалізації системи моніторингу на сервері передбачається розгортання системи керування базами даних Microsoft SQL Server 2022. Для її ефективної роботи сервер повинен мати процесор архітектури x64, наприклад, AMD Opteron або Intel Xeon з підтримкою інструкцій EM64T, а також тактову частоту не нижче 1,4 ГГц. Обсяг оперативної пам'яті повинен становити щонайменше 512 МБ, хоча для належної продуктивності при роботі з великими масивами екологічних даних рекомендується використовувати не менше 4 ГБ з можливістю подальшого розширення. Мінімумально необхідний обсяг вільного місця на накопичувачі складає 6 ГБ, проте з урахуванням зберігання поточних, історичних та резервних даних, бажано мати суттєвий запас пам'яті. Сервер також повинен бути підключений до стабільного каналу Інтернету для обміну інформацією з польовими сенсорними модулями, клієнтськими інтерфейсами та іншими компонентами системи

Крім апаратного забезпечення, важливу роль відіграє програмне середовище. На сервері має бути встановлена сучасна операційна система з підтримкою роботи SQL Server 2022, наприклад, Windows Server 2019 або новіша версія. Необхідно забезпечити наявність актуальної версії .NET Framework, яка дозволяє реалізувати логіку серверної частини, а також інструментів для адміністрування баз даних, зокрема SQL Server Management Studio. У разі використання сенсорних пристроїв з протоколами зв'язку MQTT або REST, також повинно бути передбачене

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гарантувати захист інформації від несанкціонованого доступу, спотворення чи втрати як внаслідок навмисних дій, так і технічних збоїв.

Крім того, система керування базами даних повинна відповідати галузевим стандартам щодо побудови, підтримки та експлуатації, забезпечуючи високу ступінь уніфікації рішень. Важливо також, щоб структура даних адекватно відображала специфіку предметної області - тобто водного моніторингу - що дозволить уникнути логічних помилок у процесі аналізу. І, нарешті, не менш значущим аспектом є наявність зручного й інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, який полегшує взаємодію користувача з системою та зменшує ймовірність помилок при введенні чи пошуку даних.

3.2 Розробка структури бази даних для моніторингу стану води

Створюємо на сервері MsSql базу даних для системи з назвою water.

Таким чином, на серверній стороні системи формується повноцінна сутність для зберігання та обробки даних. Кожен її компонент виконує власну функцію, проте всі елементи взаємодіють між собою як єдиний узгоджений механізм, забезпечуючи стабільність і ефективність роботи всієї кіберфізичної системи моніторингу.

На рисунку 3.1 наведено детальну структуру розробленої бази даних та основних її складових.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Після того, як серверна частина отримує інформацію про вибране місцезнаходження для початку моніторингу стану води, ця інформація записується до таблиці coords, яка містить географічні координати та основні дані про місце вимірювань. Саме з цієї таблиці починається подальша обробка та збереження показників якості води.

Також після цього інформація про місцезнаходження надсилається разом із запитом до зовнішнього метеорологічного сервісу OpenWeather API для отримання даних про погодні умови. Координати виступають як відправна точка системи, що дозволяє формувати більш детальні та точні показники.

Після отримання відповіді у форматі JSON від OpenWeather API, інформація про характеристики погодних умов та явищ розподіляється по відповідних таблицях бази даних для подальшого зберігання та аналізу.

Після того, як всі таблиці в базі даних заповнені інформацією про параметри стану води, система виконує обчислення необхідних користувачу показників. Для цього застосовуються збережені процедури, створені у базі даних MsSQL. Збережена процедура - це набір SQL-операторів, об'єднаних у логічний блок і збережених безпосередньо в базі даних, яка приймає параметри, виконує потрібні команди та повертає результати, якщо це необхідно.

Використання збережених процедур у системі моніторингу стану води має суттєві переваги. Вони дозволяють змінювати логіку обробки даних без потреби оновлювати чи перезапускати серверну частину програми. Наприклад, якщо потрібно змінити алгоритм обчислення показників якості води, можна внести зміни безпосередньо в процедуру за допомогою команди ALTER PROCEDURE, не зачіпаючи код прикладного програмного забезпечення.

Також під час виклику збережених процедур через мережу передається лише їх назва та параметри, а не весь текст SQL-запитів, що зменшує навантаження на мережу та підвищує безпеку та продуктивність системи. Це особливо важливо для кіберфізичних систем моніторингу, де обробка великих обсягів даних має бути максимально ефективною.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Збережені процедури можуть одночасно виконуватися кількома користувачами або клієнтськими додатками без необхідності повторного написання коду, що робить їх ідеальним вибором для використання в даній системі моніторингу стану води.

Наприклад, для обчислення індексу якості води була створена збережена процедура `calculate_water_quality_index`. Нижче наведено приклад коду створення такої процедури:

```
CREATE PROCEDURE calculate_water_quality_index
    @Latitude NUMERIC(19, 15),
    @Longitude NUMERIC(19, 15),
    @MeasurementDate SMALLDATETIME
AS
BEGIN
    DECLARE
        @Temperature NUMERIC(19, 2),
        @pH NUMERIC(5, 2),
        @Turbidity NUMERIC(10, 2),
        @WQI NUMERIC(19, 2)

    -- Отримання необхідних показників з бази даних за
    координатами та датою
    SELECT
        @Temperature = Temperature,
        @pH = pH,
        @Turbidity = Turbidity
    FROM WaterMeasurements
    WHERE Latitude = @Latitude AND Longitude = @Longitude AND
    MeasurementDate = @MeasurementDate;

    -- Формула обчислення індексу якості води (приклад)
    SET @WQI = (@Temperature * 0.3) + (@pH * 0.4) + (@Turbidity
    * 0.3);

    -- Повернення результату
```

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
SELECT @WQI AS WaterQualityIndex;
END
```

Для запуску цієї процедури необхідно передати координати місцезнаходження та дату проведення вимірювань. На основі отриманих параметрів процедура виконує обчислення індексу якості води за визначеною формулою, використовуючи основні показники: температуру, рівень рН та прозорість води.

Таким чином, збережені процедури значно спрощують роботу з базою даних, підвищують продуктивність системи та забезпечують централізовану логіку обробки даних, що особливо важливо для ефективного моніторингу стану водних ресурсів.

Останнім кроком виконання цієї процедури є внесення результатів обчислення до бази даних, а саме в таблицю results, звідки ці дані потраплятимуть у клієнтську частину системи.

```
INSERT INTO results (
    id_coords, water_quality_index, measurement_date
) VALUES (
    @Id, @WQI, @MeasurementDate
);
```

Таким чином, отримані індекси якості води зберігаються в базі даних і можуть бути використані для подальшого аналізу або відображення у користувацькому інтерфейсі системи моніторингу.

3.3 Алгоритм взаємодії користувача з системою

Сценарій використання кіберфізичної системи моніторингу стану водних ресурсів побудований таким чином, щоб максимально спростити взаємодію користувача з системою і забезпечити оперативний доступ до достовірної екологічної інформації. Для початку роботи користувачу необхідно обрати конкретні координати на інтерактивній карті або надати дозвіл на автоматичне

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначення геолокації пристрою, що значно полегшує вибір потрібного регіону для моніторингу. Після отримання цих даних серверна частина системи формує запит до зовнішніх джерел, таких як OpenWater API або інші метеорологічні та екологічні сервіси, які надають актуальну інформацію про якість води, включаючи параметри забруднення, температуру, рівень прозорості, вміст хімічних речовин та інші важливі показники.

Отримана інформація у форматі JSON надходить на сервер, де зберігається у структурованих таблицях бази даних. Далі спеціальні збережені процедури виконують обробку цих даних: нормалізують інформацію, виконують необхідні розрахунки, наприклад, оцінку індексів забруднення або трендів змін параметрів якості води. Це дозволяє формувати детальні звіти та візуалізації, які відображаються у клієнтській частині системи у вигляді інтерактивних графіків, карт та інформаційних панелей (дашбордів). Користувач може вивчати актуальний стан водних ресурсів, відстежувати динаміку змін у часі, порівнювати показники різних місць, а також отримувати сповіщення про перевищення допустимих норм забруднення.

Система підтримує роботу з багатьма користувачами одночасно, що дозволяє як фахівцям, так і громадськості брати участь у моніторингу і аналізі екологічної ситуації. Важливою функцією є можливість збереження персональних налаштувань і вибору улюблених локацій для швидкого доступу. Також передбачено інтеграцію з мобільними додатками, що розширює доступність системи та підвищує її практичну цінність.

Завдяки автоматизації процесу збору, обробки та подання інформації користувачу, система суттєво спрощує складний процес екологічного моніторингу, забезпечуючи прозорість даних і сприяючи прийняттю ефективних рішень щодо збереження і раціонального використання водних ресурсів. Таким чином, від початку запуску програми і до отримання повного аналізу якості води користувач проходить логічний і зрозумілий шлях, що не потребує спеціальних знань у галузі

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

екології чи програмування, що робить систему доступною для широкого кола користувачів.

3.3.1 Вибір регіону або водного об'єкта для моніторингу

Для початку роботи з кіберфізичною системою моніторингу стану води користувачу необхідно вибрати координати точки спостереження безпосередньо на інтерактивній карті, що виступає як вхідна точка всієї взаємодії із системою. В межах даного проєкту реалізовано використання сучасної бібліотеки LeafletJS - відкритого інструменту з підтримкою тайлових карт, інтерактивних маркерів, подій та шарів, що надає гнучкий інтерфейс для візуального вибору місця розташування. Це дозволяє точно і швидко визначити необхідну геолокацію для моніторингу, масштабувати зображення, а також переглядати географічні особливості обраної місцевості.

Користувацький інтерфейс системи побудований з урахуванням принципів UX-дизайну: простота, інтуїтивна логіка, швидке реагування на дії. Після вибору координат, сформовані параметри передаються через фронтенд на серверну частину системи. Сервер обробляє отримані дані, формує відповідний запит до зовнішніх джерел, зокрема до Open Water Data API, і ініціює завантаження гідроекологічної інформації в реальному часі.

На серверному рівні здійснюється первинна валідація введених координат, реєстрація запиту, перевірка наявності даних у кеші або базі даних, після чого, за потреби, відбувається звернення до API зовнішнього джерела. Результати, що надходять, проходять стадію обробки, де система виконує парсинг отриманого JSON-потоків, перевірку консистентності значень, трансформацію одиниць виміру та збереження у структуровану форму в базі даних.

Таким чином, користувач, взаємодіючи лише з елементами графічного інтерфейсу, ініціює повноцінний обчислювальний процес на сервері, який у фоновому режимі забезпечує збирання, обробку та підготовку актуальних даних про стан води. Серверна частина виступає посередником між користувачем та

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гетерогенними джерелами даних, забезпечуючи не лише швидкість реакції системи, але й її масштабованість, надійність та можливість гнучкої аналітики.

У результаті такого підходу до проектування системи, досягається високий рівень автоматизації, що дозволяє користувачеві отримати у зрозумілому вигляді всі необхідні параметри водного середовища в заданому регіоні - від температури та рН до концентрацій нітратів чи показників мікробіологічного забруднення.

Забруднення води є критично важливим фактором, який необхідно враховувати при проектуванні та впровадженні кіберфізичних систем моніторингу. У цьому контексті важливу роль відіграє контролер - логічний елемент архітектури, який забезпечує стабільність роботи системи та точність обробки введених даних. Контролер не лише перевіряє коректність вхідної інформації, а й координує взаємодію між окремими модулями системи, керує процесами передачі, фільтрації, структурування та обробки даних у реальному часі. Це особливо актуально при роботі з великими обсягами гідрологічної та екологічної інформації, де навіть незначна помилка або затримка може мати серйозні наслідки для прийняття рішень.

Завдяки чітко організованій взаємодії між інтерфейсом та контролером, система забезпечує безперервний, швидкий і зручний потік даних між користувачем та серверною частиною. Графічний інтерфейс не лише слугує візуальним представленням даних, а й виконує роль інструменту управління, який надає можливість задавати параметри аналізу, обирати часові інтервали спостережень, активувати або деактивувати певні шари даних тощо. Інтерфейс також адаптується до рівня підготовки користувача - початкові режими дозволяють виконати базові дії кількома кліками, тоді як просунуті - відкривають доступ до тонких налаштувань та розширених інструментів аналітики.

Цей підхід значно підвищує ефективність експлуатації системи: користувач отримує змогу оперативно реагувати на критичні зміни стану водних об'єктів, переглядати динаміку забруднення, аналізувати тренди, а також генерувати звіти для подальшого використання у наукових або управлінських цілях. Інтуїтивно

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зрозумілий дизайн інтерфейсу, гнучкість налаштувань та автоматизація ключових процесів роблять систему придатною як для фахівців, так і для користувачів без спеціальної технічної підготовки.

Отже, процес вибору координат - це не просто початкова дія, а стратегічно важливий крок, що ініціює весь механізм збору, обробки й візуалізації даних у межах кіберфізичної системи моніторингу стану води. Він визначає контекст подальшої роботи, дозволяє сконцентрувати увагу на конкретній території чи об'єкті, і створює умови для швидкого отримання актуальної інформації про екологічний стан довкілля. Така структурна організація підвищує надійність системи, покращує взаємодію з користувачем і робить її дієвим інструментом екологічного моніторингу в умовах сучасних викликів.

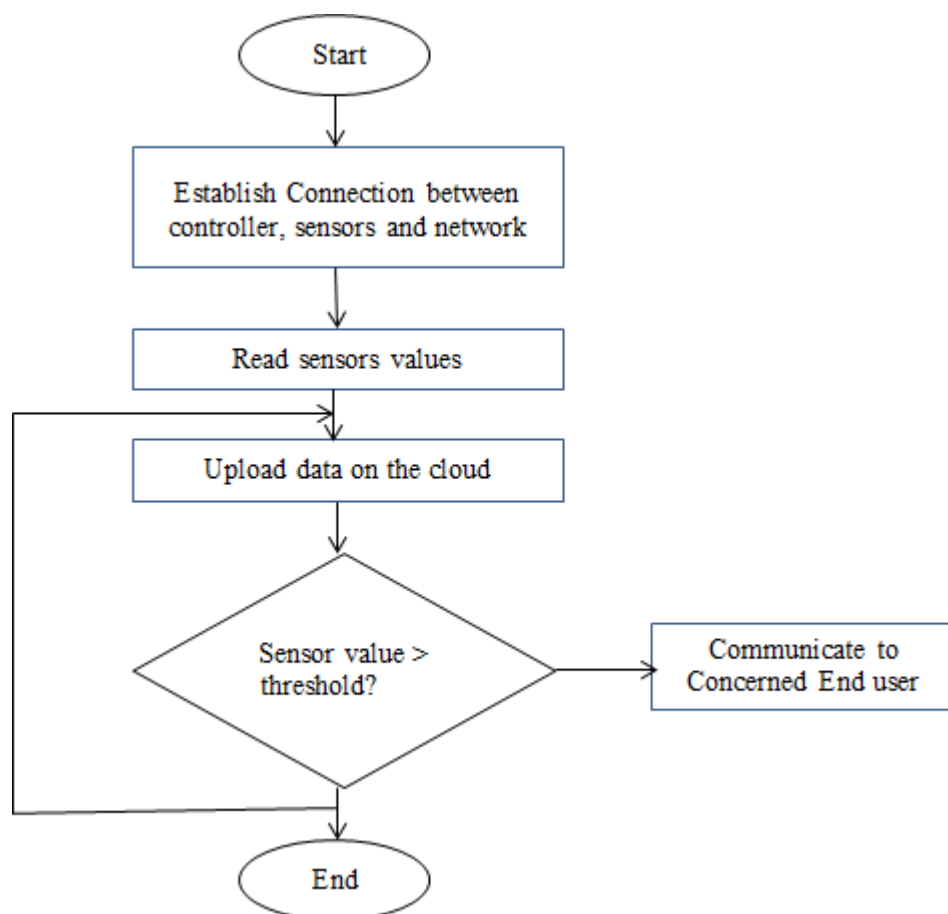


Рисунок 3.2 – Структура функціонування проекту

збережених записів у базі даних, що дозволяє уникнути дублювання і скоротити час обробки при повторному запиті.

Як приклад, на рисунку 3.4 проілюстровано вибір координат для міста Києва, яке виступає як один із демонстраційних центрів спостереження за водними об'єктами. Після підтвердження координат активується спеціалізований серверний модуль збору даних, який функціонує в асинхронному режимі. Цей модуль забезпечує безперервний потік інформації з відповідних API, завдяки чому система завжди має доступ до актуальних даних про погодні умови, температуру повітря і води, атмосферний тиск, рівень вологості, швидкість вітру тощо.

Після надходження сирих даних, серверна частина системи ініціює їх первинну обробку: очищення, нормалізацію, переведення до уніфікованого формату, а також обчислення похідних параметрів. На основі цих дій формується аналітичний блок, який генерує стислий, але інформативний звіт. Цей звіт відображається користувачеві у зручній формі через веб-інтерфейс - зазвичай у вигляді дашборду з ключовими показниками, які відображають реальний стан водного середовища у вибраній географічній точці.

Таким чином, користувач у режимі реального часу отримує зведення про середню температуру води, відносну вологість повітря, погодні умови, які впливають на якість води. Це дозволяє оперативно оцінювати екологічну ситуацію в обраному регіоні, своєчасно реагувати на потенційні ризики та приймати обґрунтовані рішення щодо управління водними ресурсами. Весь цикл - від вибору координат до отримання аналітичної візуалізації - відбувається автоматично, під контролем серверної частини системи, що забезпечує стабільність, точність і масштабованість моніторингового процесу.

Завдяки такому підходу, кіберфізична система забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувача, де всі складні обчислення та взаємодії з зовнішніми джерелами відбуваються прозоро, без необхідності втручання з його боку. Користувач отримує точні і актуальні дані, які можна використовувати для планування заходів з

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

охорони водних ресурсів або для проведення наукових досліджень стану навколишнього середовища.

Таким чином, підтвердження координат та подальша обробка даних є ключовими етапами в роботі системи, що забезпечують ефективність і надійність прогнозування та моніторингу стану води на основі отриманої метеорологічної інформації.

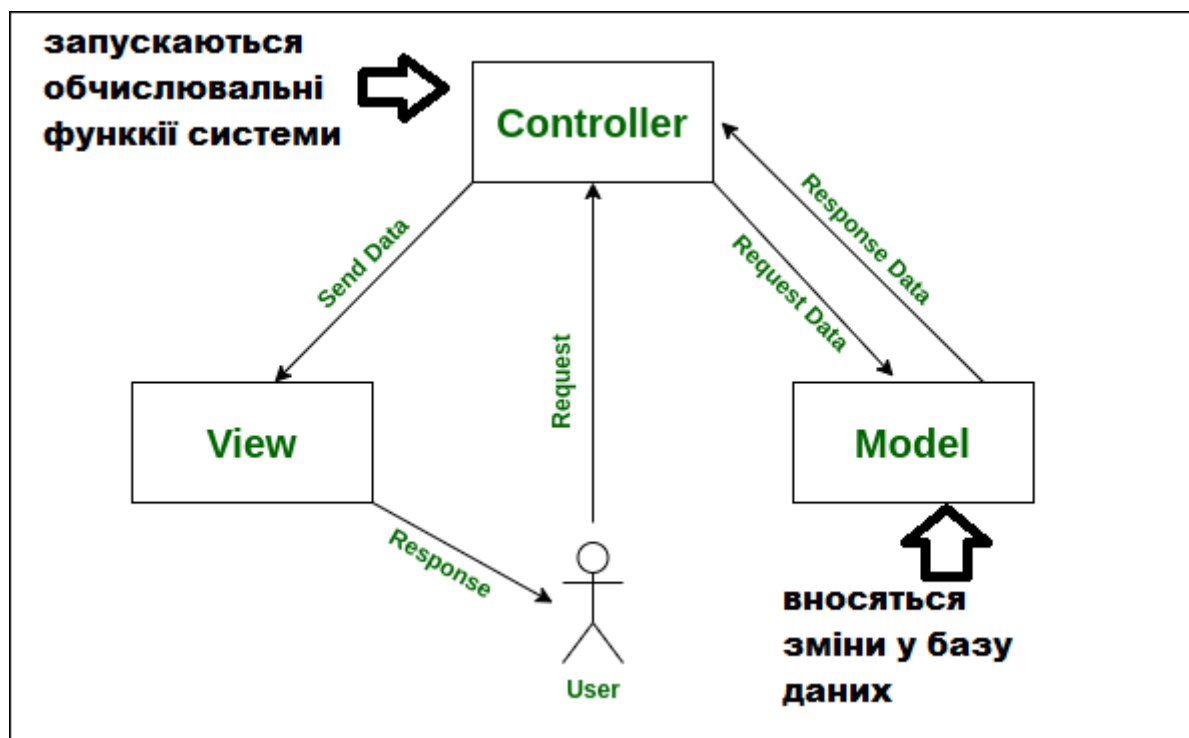


Рисунок 3.4 –Робота архітектури MVC (View + Model + Controller)

Після взаємодії користувача з елементами інтерфейсу (View) у роботу вступають компоненти контролера (Controller) кіберфізичної системи, які відповідають за обробку команд і запитів користувача. Контролер керує логікою системи, маніпулюючи даними моделі (Model) та керуючи оновленням інтерфейсу. Він отримує дані з бази, проводить необхідні обчислення або викликає відповідні процедури, а потім передає сформовані результати назад для відображення.

Обробляючи запити користувача та взаємодіючи з моделлю даних, контролер забезпечує отримання актуальної інформації про стан водних об'єктів, метеорологічні умови та прогнози для вибраного регіону. Обчислені параметри,

такі як температура води, вологість, швидкість вітру та інші, передаються на клієнтську частину застосунку.

Далі користувач бачить зручне та зрозуміле відображення цих даних, адаптоване під специфіку моніторингу стану води. Інформація подається у вигляді графіків, числових значень або картографічних шарів, що дозволяє оперативно оцінити поточний стан та зробити прогнози для подальшого управління водними ресурсами. Такий підхід забезпечує інтуїтивне сприйняття даних і дозволяє приймати обґрунтовані рішення на основі актуальної інформації.

Далі користувачу стає доступна більш докладна інформація про поточний стан водного середовища в реальному часі. Програма демонструє актуальні показники для вибраної ділянки, серед яких температура води, рівень вологості, атмосферний тиск, а також більш складні параметри, такі як точка роси та індекс тепла, що є важливими для оцінки екологічного стану та прогнозування змін.

На цьому етапі більшість модулів кіберфізичної системи моніторингу активні: здійснюється збір, обробка та аналіз вхідних даних, які зберігаються в базі даних для подальшого використання. Система надає користувачам можливість отримувати прогнозні дані щодо стану води та пов'язаних атмосферних параметрів на найближчий період, що дозволяє приймати своєчасні управлінські рішення і забезпечувати ефективний моніторинг водних ресурсів.

3.4 Висновки до третього розділу

У розділі 3 детально описано сценарій роботи з програмним функціоналом кіберфізичної системи моніторингу стану води. У висновках проведено аналіз методів та надано рекомендації щодо ефективного використання системи для отримання точних даних про стан водних ресурсів і погодні умови. Наведено огляд взаємодії користувача із системою на зовнішньому рівні, що дозволяє зрозуміти порядок дій для отримання необхідної інформації про якість води та погодні показники у вибраному регіоні або конкретній точці на карті.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Обробка даних відбувається за допомогою спеціалізованих алгоритмів, які враховують фізичні моделі атмосфери, гідрологічні особливості та географічні дані. На основі цих алгоритмів система формує прогнози, які відображаються у вигляді інформативних віджетів та веб-інтерфейсів, забезпечуючи користувачам зручний доступ до актуальної інформації про стан води і погодні умови.

Система регулярно оновлює свої дані, збирає нову інформацію із зовнішніх джерел, аналізує реальні спостереження та автоматично коригує прогнози в режимі реального часу, що підвищує їх точність та надійність. Для користувача доступний широкий спектр метеорологічних і гідрологічних показників, які представлені у зручному та зрозумілому форматі, що робить систему корисним інструментом як для спеціалістів, так і для широкого загалу, зацікавленого у моніторингу стану водних ресурсів і прогнозуванні погодних умов.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ВИСНОВКИ

У даній роботі, на основі проведених теоретичних та практичних досліджень, було створено функціональну та багатофункціональну кіберфізичну систему моніторингу стану води та її серверну частину.

У першому розділі здійснено детальний аналіз структурних та функціональних компонентів кіберфізичної системи моніторингу водних ресурсів, зокрема її серверної складової. Проведено огляд апаратного забезпечення, що відповідає за збір та обробку вхідної інформації у різних системах моніторингу води, а також проаналізовано сучасні моделі й рішення у цій галузі. На основі цього визначено ключові завдання, які система має вирішувати, та проведено порівняння з існуючими аналогами.

Варто зазначити, що кожна існуюча система має свої переваги та обмеження, тож на сьогодні немає ідеального рішення для комплексного моніторингу стану водних ресурсів. Саме тому розроблена в межах цієї роботи кіберфізична система прагне інтегрувати найкращі практики та технології, акумульовані у попередніх розробках, і спрямувати їх у новий якісний напрям. Основною метою створення та тестування цієї системи було саме поєднання перевірених методів і сучасних технологічних підходів для забезпечення надійного та точного моніторингу.

У другому розділі проведено детальний аналіз вибраних апаратних і програмних підсистем програмно-технічного комплексу, описано способи взаємодії між ними, а також функціональні призначення основних модулів і інформаційних ресурсів системи.

Тут детально розглянуто внутрішні процеси роботи системи, приховані від кінцевого користувача: алгоритми обробки даних, логіку взаємодії між компонентами, а також інженерні принципи, що лежать в основі її функціонування. Усі ключові типи даних і методи їх обробки, які застосовуються системою, детально описані, щоб у користувача не виникало непорозумінь щодо механізмів роботи.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен елемент системи розкриває логіку обробки та взаємодії отриманої інформації на серверній частині, забезпечуючи комплексний та скоординований підхід до моніторингу стану водних об'єктів і прогнозування змін у їхньому стані.

У роботі наведено всі формули, показники та змінні, які задіяні у функціонуванні кіберфізичної системи моніторингу стану води. У межах розділу 3 детально описано сценарій роботи з програмним функціоналом системи, а також варіанти взаємодії користувача із системою на зовнішньому, інтерфейсному рівні. Дотримуючись запропонованого сценарію, користувач отримує змогу зручно і швидко моніторити стан водних об'єктів у вибраному регіоні або точці на карті.

Користувач має доступ до широкого спектру гідрологічних та екологічних даних у режимі реального часу, які оптимізовані та подані у вигляді, зрозумілому для неспеціалістів. Запропонована кіберфізична система демонструє високу ефективність збору, обробки та аналізу даних про стан водних ресурсів, що свідчить про її значний потенціал для подальшого розвитку та вдосконалення.

У перспективі систему можна розширити шляхом інтеграції додаткових джерел інформації, а також застосування більш складних моделей для підвищення точності моніторингу та прогнозування змін у стані води. Розроблена система стане важливим інструментом для різних галузей цивільної промисловості та екологічного менеджменту, що потребують оперативної та достовірної інформації про стан водних ресурсів - від агропромислового комплексу до міського водопостачання та екологічного контролю.

В результаті виконання дипломного проєкту кіберфізична система моніторингу стану води була суттєво покращена: підвищено загальну ефективність її роботи та зручність використання програмних модулів, що виводить систему на новий рівень функціональності та практичної користі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

1. Говорущенко Т. О., Алексейко В. І. Метод функціонування кіберфізичної системи моніторингу водних ресурсів. *Комп'ютерні системи та інформаційні технології*. 2024. № 3. С. 6–12. URL: <https://csitjournal.khmnua.edu.ua/index.php/csit/article/view/391/247> (дата звернення: 25.05.2025)
2. Zhou Y., Wang X., Li J., Liu Y., Zhang H. A novel hybrid model for short-term wind speed forecasting based on variational mode decomposition and improved extreme learning machine. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Issue 5. Article e24039513. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024039513> (дата звернення: 25.05.2025)
3. Koo K.-M., Han K.-H., Jun K.-S., Lee G., Yum K.-T. Smart Water Grid Research Group Project: An Introduction to the Smart Water Grid Living-Lab Demonstrative Operation in YeongJong Island, Korea. *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13, № 9. – Article 5325. – URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/5325> (дата звернення: 25.05.2025)
4. EXO Sonde Platform – Continuous Monitoring for Superior Water Quality Data. URL: <https://www.ysi.com/exo> (дата звернення: 25.05.2025)
5. HydroNET – Your Online Water Control Room. URL: <https://www.hydronet.com/about/> (дата звернення: 25.05.2025)
6. Perfido D., Raciti M., Zanotti C., Chambers N., Hannon L., Keane M., Clifford E., Costa A. Towards sustainable water networks: Automated fault detection and diagnosis. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. 2017. Vol. 4, № 3. P. 339–350. URL: <https://www.researchgate.net/publication/317620139>
[D84 PROJECT FINAL REPORT](#) (дата звернення: 25.05.2025)
7. Rahul Roy. Cyber-Physical Systems for Water Supply Network Management. MDPI Sustainability, 2020. С. 1–16.
8. Ankur Taly, Ramesh Raskar. Water-to-Cloud: Cyberphysical Sensor Network System for Water Quality Mapping and Monitoring. TCD, University of Chicago, 2020. P. 1–10.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Rajiv Prakash. Cyber-Physical Systems for Water Sustainability: Challenges and Opportunities. Washington State University, 2021. С. 1–20.
10. Murali Krishnan, Linda Jenckins. An Analytical Survey of Cyber-Physical Systems in Water Treatment and Distribution. Wiley Online Library, 2023 P. 1–18.
11. Arvind Agarwal, Xinyi Wu. ACWA: An AI-driven Cyber-Physical Testbed for Intelligent Water Systems. arXiv, 2023. P. 1–12.
12. Zhang Wei, Liu Xiao. Smart Water Monitoring Using IoT and Cyber-Physical Systems. Springer, 2021. P. 34–48.
13. Eric J. Nelson. Environmental Cyber-Physical Systems: Modeling and Monitoring of Hydrological Data. CRC Press, 2020. P. 92–108.
14. Шарафуддінов Р.А., Тарасова Л.І. Інтелектуальні системи контролю якості води на основі сенсорних мереж. Вісник Національного технічного університету України "КПІ", 2022. С. 76–82.
15. Thomas Lee. Data-Driven Water Management in Smart Cities: A CPS Approach. Elsevier, 2021. P. 58–74.
16. Іващенко О.В., Бондар О.С. Застосування кіберфізичних систем для моніторингу екологічного стану водойм. Збірник наукових праць НТУ "ХПІ", 2023. С. 19–26.
17. К.М. Brown. Cyber-Physical Monitoring Systems for Aquatic Environments. Academic Press, 2019. P. 112–128.
18. Ахметов Р.Т., Кисельов Д.В. Технології Інтернету речей у водному господарстві: архітектура та функціональність систем моніторингу. Вісник технічного університету, 2021. С. 44–51.
19. Walker jr. Intelligent Water Systems: IoT and CPS for Sustainable Water Management. Wiley, 2020. С. 61–78.
20. Смирнов І.Ю. Сенсорні платформи для автоматизованого аналізу якості води. Сучасні інформаційні технології, 2022. С. 33–39.
21. Jean Li, Sun Tian. Cyber-Physical System Design for Real-Time Water Quality Monitoring. Springer Nature, 2023. P. 85–101

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Петренко О. В. Моделі та алгоритми кіберфізичних систем для моніторингу стану водних ресурсів. *Науковий вісник Державного університету телекомунікацій*, 2021. С. 45–53.

23. Іваненко С. М., Гнатюк В. І. Інтелектуальні системи аналізу якості води з використанням ІоТ. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*, 2022. С. 120–127.

24. Лисенко В. П. Особливості проектування серверної частини кіберфізичних систем моніторингу. *Інформаційні технології в управлінні*, 2023. С. 68–75.

25. Богданова Н. М. Використання хмарних сервісів у системах моніторингу якості води. *Наукові праці НТУ «ХПІ»*, 2020. С. 55–62.

26. Грищенко О. Ю. Методи обробки та аналізу гідрологічних даних у кіберфізичних системах. *Вісник НТУУ «КПІ»*, 2021. С. 88–95.

27. Савчук І. В. Системи збору та обробки даних у моніторингу водних ресурсів на основі ІоТ. *Технічні науки*, 2022. С. 102–109.

28. Ткаченко М. В. Архітектура кіберфізичних систем моніторингу довкілля. *Екологічна безпека та моніторинг довкілля*, 2023. С. 35–42.

29. Дмитренко Ю. О. Програмне забезпечення для обробки даних в системах контролю якості води. *Вісник ЧНТУ*, 2020. С. 76–83.

30. Кравченко Л. П. Підходи до інтеграції ІоТ та кіберфізичних систем у моніторингу водних екосистем. *Сучасні технології управління*, 2021. С. 50–57.

31. Романенко В. М. Оптимізація процесів збору даних у системах моніторингу якості води. *Вісник ХНУ*, 2022. С. 65–72.

32. Поляков С. І. Розробка алгоритмів прогнозування стану водних об'єктів у кіберфізичних системах. *Науковий вісник Дніпровського університету*, 2023. С. 38–46.

33. Мельник О. В. Технології обробки великих даних у системах моніторингу водних ресурсів. *Вісник ДВНЗ*, 2020. С. 115–123.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

34. Коваленко А. Застосування протоколів IoT в системах моніторингу забруднення поверхневих вод. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, 2024. С. 85–96.

35. Норик В., Мартинюк В. Огляд методів та засобів моніторингу кіберфізичної системи водопостачання міста. *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*, 2024. С. 298–302.

36. Корпильов Д., Здобицький А., Марікуца У., Том'юк В., Панчак Р. Інтерактивна система моніторингу поверхневих вод технологіями IoT. *CDS*, Львівська політехніка, 2022. С. 1–8.

37. Корпильов Д., Здобицький А., Мокрицька О., Чернюх В. Розробка інтелектуальної системи моніторингу водних ресурсів. *CDS*, Львівська політехніка, 2025. С. 81–93.

38. Критська Я. О. Інформаційна технологія розробки та впровадження системи моніторингу поверхневих вод на основі Інтернету речей. Кандидатська дисертація, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2021.

39. Андреев В. В. Розробка автоматизованої системи моніторингу фізико-хімічних параметрів води. Магістерська робота, ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2024.

40. Корніюк А. В., Коцюба І. Г. Цифровий моніторинг якості питної води. *Digital Transformations in Natural and Agricultural Sciences*, Житомирська політехніка, 2022.

41. Skarga-Bandurova I., Krytska Y., Barbaruk L. Application of Internet of Things for Long Term Water Quality Monitoring. *ПІМ–2019*, Харків – Одеса, 2019. Р. 77.

42. Масштабний моніторинг якості питної води в Україні. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.

43. Корніюк А. В., Пацева І. Г. Цифровий моніторинг якості води, виклики та рішення. *EZTUIR*, 2023.

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

44. Козак В., Товмаченко А., Герцюк М. Вимоги до технічних засобів автоматизованої системи вимірювання гідрохімічних параметрів поверхневих вод із застосуванням ІоТ-технологій. *Технічна інженерія*, 2020.

45. Bhardwaj J., Gupta K.K., Gupta R. Towards a Cyber-Physical Era: Soft Computing Framework Based Multi-Sensor Array for Water Quality Monitoring. *Procedia Computer Science*, 2018. P. 448–455.

46. Yang T.-H., Yang S.-C., Kao H.-M. Cyber-Physical-System-Based Smart Water System to Prevent Flood Hazards. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2018. P. 1–10.

47. Batarseh F.A., Malinowski M., Li Z. ACWA: An AI-Driven Cyber-Physical Testbed for Intelligent Water Systems. *Procedia Computer Science*, 2023. С. 250–260.

48. Inoue J., Yamagata Y., Chen Y. Anomaly Detection for a Water Treatment System Using Unsupervised Machine Learning. *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Big Data*, 2017. P. 3128–3135.

49. Mahmoud H., Dehghantanha A., Parizi R.M. Cyber-Physical Attack Detection in IoT Enabled Water Distribution Systems: A Data Intelligence and Decentralised Approach. *Future Generation Computer Systems*, 2022. P. 109–123.

50. Kamaruidzaman N.S., Rahmat S.N. Water Monitoring System Embedded with Internet of Things (IoT) Device: A Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2020. P. 1–9.

51. Архітектура тестового стенду ACWA для інтелектуальних водних систем [Batarseh F.A., Malinowski M., Li Z. ACWA: An AI-Driven Cyber-Physical Testbed for Intelligent Water Systems. *Procedia Computer Science*, 2023, pp. 250–260].

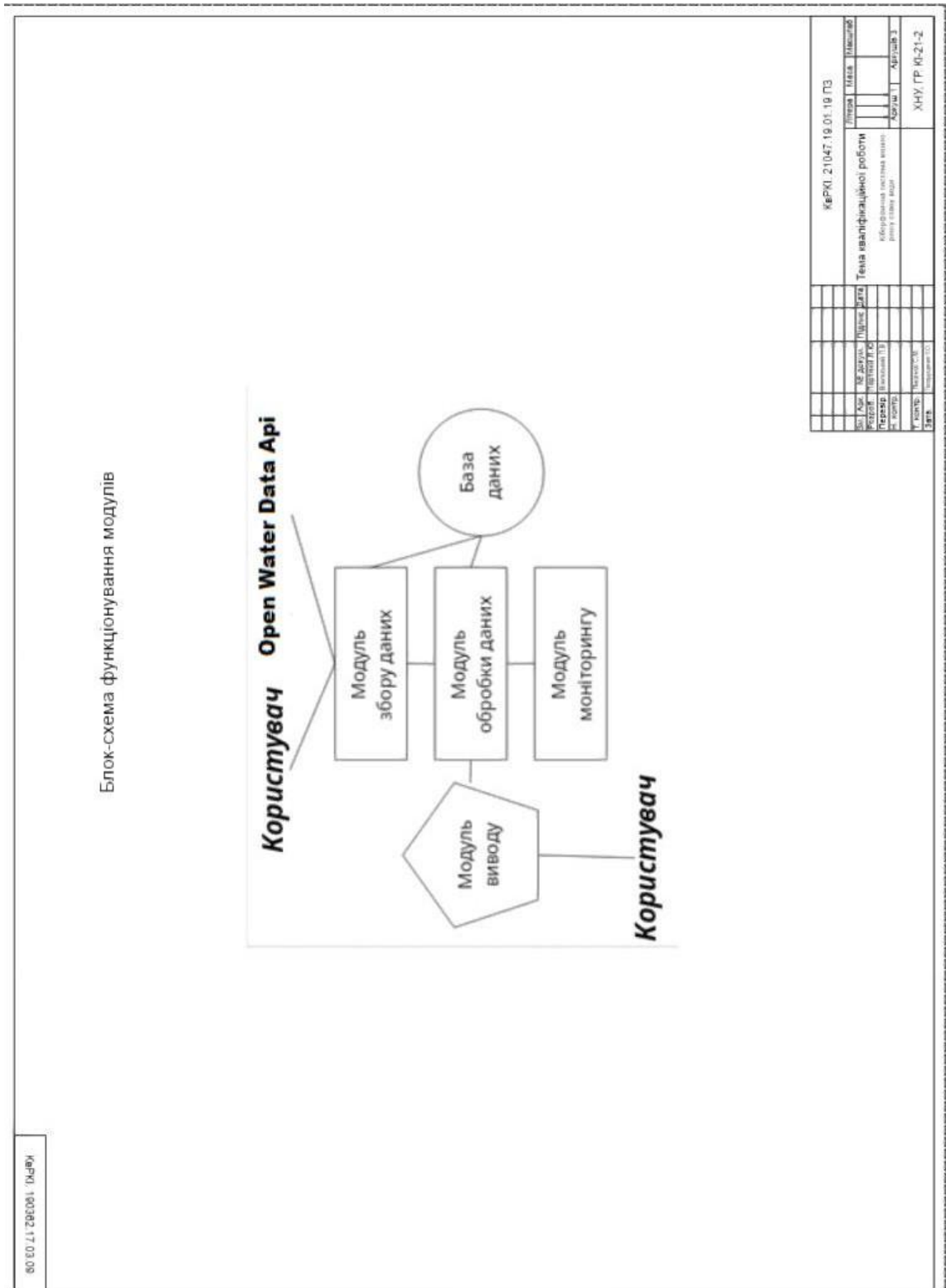
52. Стандартна модель MVC [Smith J., Brown L. *Modern Software Architectures: Patterns and Practices*. Springer, 2020, pp. 45–52].

					КВРКІ.210247.19.01.08 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

(обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «БЛОК-СХЕМА ФУНКЦІОНУВАННЯ МОДУЛІВ»



Додаток В
(обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «СТРУКТУРА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОЄКТУ»



Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Лев Портний

Співавтор:

Назва: Портний_Кіберфізична система моніторингу стану води. Серверна частина

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1: 3.6%

Коефіцієнт подібності 2: 0.7%

Мікропробіли: 6

Заміна букв: 2

Інтервали: 18

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-18 14:39:23.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-18

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 7%

ID: 246701 Title: БКР Кіберфізична система моніторингу стану води. Серверна частина Added in a DB: 2025-06-18 Authors: Лев Портний Heads: Віжевський П.В. Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	92203	634	956 (1%)	9 (1%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Портний Лев Юрійович

Тема: Кіберфізична система моніторингу стану води. Серверна частина

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 57

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка кіберфізичної системи моніторингу стану води. Серверна частина

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 кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області (проаналізовано сучасні підходи до побудови кіберфізичних систем, архітектури серверної частини IoT-систем, протоколи обміну даними та збереження телеметрії, а також вимоги до систем моніторингу стану водного середовища) та виконано постановку задачі дослідження. У другому розділі кваліфікаційної роботи реалізовано серверну частину системи моніторингу стану води, зокрема: розроблено архітектуру серверного програмного забезпечення; визначено формати обміну даними; спроектовано REST API для взаємодії з клієнтською частиною; реалізовано обробку запитів та збереження даних у базі даних; здійснено обробку телеметрії з датчиків; розроблено модулі авторизації та автентифікації користувачів; забезпечено обробку помилок та логування; впроваджено засоби для моніторингу працездатності серверної частини; виконано тестування стабільності та продуктивності. У третьому розділі кваліфікаційної роботи проведено інтеграцію серверної частини з зовнішніми компонентами системи, а саме: реалізовано зв'язок із базою даних; забезпечено взаємодію з мережевими модулями передачі даних; проведено моделювання типових

сценаріїв роботи системи; змодельовано роботу серверної частини за допомогою середовища Postman та інструментів аналізу API.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага моделюванню схеми автомату в роботі з OpenWaterData API.

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.

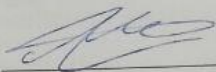
8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: Задовільно(D)

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

Д.Т.К. Проф. кафе КА Едуард Мануїл

“ 19 ” 06 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Портного Лева

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-2

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(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism 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.

_____ 2025 року

Лева

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 моніторингу стану води. Серверна частина

Автор: Лев ПОРТНИЙ

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Петро ВІЖЕВСЬКИЙ

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, виправданій 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, виправданій 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 загальноживаними 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 StrikePlagiarism, складає коефіцієнтом подібності 1 3.6%, а за коефіцієнтом подібності 2 0.7%, і адресується до 36 першоджерел і за системою Antiplagiarism складає 24%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь наукової роботи.

Керівник роботи _____

Гарант ОП _____

Завідувач кафедри КІС _____

Петро ВІЖЕВСЬКИЙ

Андрій Нічепорук

Ольга ПАВЛОВА