МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра інформаційних технологій

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри

_____ Світлана ВАЩЕНКО

____ _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,
освітньо-професійної програми «Інформаційні технології проектування»
на тему: Програмний модуль активації прогнозних моделей системи підтримки прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережею

Здобувача групи __ІТм-23__ _____Мірошниченко О.В._____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ ___Олег МІРОШНІЧЕНКО_____
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник д.т.н., доцент Сергій ТИМЧУК _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Суми – 2023

Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра інформаційних технологій
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітньо-професійна програма «Інформаційні технології проектування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри ІТ

Світлана ВАЩЕНКО
«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра студентові

Мірошниченко Олег Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема кваліфікаційної роботи Програмний модуль активації прогнозних моделей системи підтримки прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережею

затверджена наказом по університету від «08» листопада 2023 р. № 1249-VI

2 Термін здачі студентом кваліфікаційної роботи «_15_» ___грудня__ 2023 р.

3 Вхідні дані до кваліфікаційної роботи перелік вимог на розробку програмного модуля активації прогнозних моделей для системи підтримки прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережо

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
аналіз предметної області, постановка задачі та методи дослідження, проектування модулю активації прогнозних моделей для системи прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережою, практична реалізація модулю активації прогнозних моделей

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових слайдів презентації) Мета і задачі, аналіз існуючих методів активації прогнозних моделей в системах управління енергомережами, порівняльна таблиця систем прогнозування енергопотреб, аналіз алгоритмів вибору прогнозних моделей, порівняльна таблиця алгоритмів активації прогнозних моделей, функціональні вимоги до модуля активації прогнозних моделей, інструменти реалізації модуля, контекстна діаграма процесу активації моделей, декомпозиція діаграми процесу активації моделей, діаграма варіантів використання модуля активації, діаграма послідовності активації моделі для прогнозування попиту, діаграма послідовності активації моделі для прогнозування виробництва, діаграма послідовності інтеграції з зовнішніми даними, реалізація модуля активації, демонстрація роботи модуля активації, висновки.

6. Консультанти випускної роботи із зазначенням розділів, що їх стосуються:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

Дата видачі завдання _____.

Керівник _____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування технічного завдання	13.10.23 – 18.10.23	
2	Аналіз ринку	18.10.23 – 20.10.23	
3	Розробка функціональних вимог	20.10.23 – 28.10.23	
4	Проектування архітектури модуля	28.10.23 – 12.11.23	
5	Розробка бази даних	12.11.23 – 22.11.23	
6	Інтеграція модуля	22.11.23 – 30.11.23	
7	Тестування модуля	30.11.23 – 07.12.23	
8	Розгортання модуля	07.12.23 – 09.12.23	
9	Технічна документація	09.12.23 – 13.12.23	
10	Завершення та аналіз проекту	13.12.23 – 15.12.23	

Магістрант _____ **Олег МІРОШНИЧЕНКО**

Керівник роботи _____ **д.т.н., доц. Сергій ТИМЧУ**

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Програмний модуль активації прогнозних моделей системи підтримки прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережею» є актуальною через зростаючу потребу в ефективному управлінні ресурсами в енергетичній галузі. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел на 48 найменувань, та додатків, загальним обсягом 55 сторінок, з яких 34 сторінок становить основний текст, 6 сторінки списку використаних джерел, 15 сторінок додатків..

Метою дослідження є розробка програмного модуля для активації прогнозних моделей, який інтегрується в систему підтримки прийняття рішень для управління гібридними енергомережами. Робота включає аналіз існуючих методів, розробку концептуальної моделі, проектування та реалізацію модуля. Особлива увага приділяється автоматизації процесу активації, що дозволяє забезпечити точність і ефективність прогнозування.

Одним із ключових результатів є створення надійної системи, здатної ефективно збирати, аналізувати та використовувати дані для управління енергомережами. Розробка має практичне значення для сектору енергетики, оскільки сприяє підвищенню ефективності управління ресурсами та підтримці стабільності енергосистем.

Щодо впровадження, розроблений модуль може інтегрований у різні системи управління енергомережами, що відкриває шлях для подальшого дослідження та розширення функціональності.

Ключові слова: прогнозування, енергетика, енергомережа, модель, активація, автоматизація, система підтримки прийняття рішень, гібридні системи, управління ресурсами, стабільність енергосистем.

ЗМІСТ

ВСТУП 5

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ 7

1.1 Ідентифікація проблеми 7

1.2 Аналіз сервісів-аналогів 12

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ 22

2.1 Мета та задачі 22

2.2 Вибір технології реалізації 23

3 ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЯ АКТИВАЦІЇ 24

3.1 Структурно-функціональне моделювання 24

3.2 Моделювання варіантів використання 27

3.3 Проектування бази даних 29

4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛЯ АКТИВАЦІЇ ПРОГНОЗНИХ МОДЕЛЕЙ 32

4.1 Архітектура інформаційної системи 32

4.2 Реалізація модулю активації 34

4.3 Приклад використання модуля 37

ВИСНОВКИ 41

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 42

ДОДАТОК А 48

А.1 ІДЕНТИФІКАЦІЯ МЕТИ ІТ-ПРОЕКТУ 49

А.2 ПЛАНУВАННЯ ЗМІСТУ СТРУКТУРИ РОБІТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ 51

А.3 ПОБУДОВА КАЛЕНДАРНОГО ГРАФІКУ ВИКОНАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ 54

А.4 ПЛАНУВАННЯ РИЗИКІВ ПРОЕКТУ 56

ВСТУП

У сучасному світі, що стикається з кліматичними змінами та обмеженнями традиційних джерел енергії, відновлювані джерела енергії (ВДЕ) набувають особливої важливості. Інтеграція ВДЕ, таких як сонячна та вітрова енергія, в енергетичні системи є ключовим кроком у забезпеченні стійкості та зниженні вуглецевого сліду. Ефективне управління гібридними енергомережами, які інтегрують різні типи ВДЕ, стає критично важливим у контексті цих глобальних змін.

Головним викликом управління гібридними енергомережами є їхня варіативність та непередбачуваність. Характеристики відновлюваної енергії, такі як залежність від погодних умов, вимагають розробки точних прогнозних моделей для оптимізації виробництва та розподілу енергії. Відсутність точного прогнозування може призвести до недостатньої надійності системи та збільшення вартості енергії для споживачів.

Розробка ефективних прогнозних моделей є ключовою для забезпечення стабільності та ефективності гібридних енергомереж. Точні прогнози не тільки покращують управління потоками енергії, але й сприяють раціональному прийняттю рішень. Це, в свою чергу, знижує ризики та підвищує загальну ефективність системи. В цьому контексті, розробка програмного модуля для активації прогнозних моделей у системі підтримки прийняття рішень є актуальною науково-практичною задачею.

Кваліфікаційна робота магістра спрямована на розробку та впровадження програмного модуля активації прогнозних моделей для системи підтримки прийняття рішень у гібридних енергомережах. Основна мета полягає в тому, щоб створити надійний, точний і ефективний інструмент, який дозволить операторам енергомережі приймати обґрунтовані рішення на основі даних та прогнозів.

Об’єкт дослідження: процес взаємодії моделей прогнозування для інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень щодо роботи гібридних енергомереж, які включають різні джерела відновлюваної енергії та їх інтеграцію в загальну енергетичну систему.

Предмет дослідження: моделі та методи взаємодії прогнозних моделей в енергетичних системах.

Мета: розробка та реалізація методу автоматизованої активації прогнозних моделей у гібридних енергомережах. Метод повинен ефективно управляти циклом запуску моделей, забезпечуючи обробку даних, точність та своєчасність прогнозів для оптимального управління енергоресурсами.

Задачі:

- Аналіз предметної області: дослідження існуючих методів прогнозування у гібридних енергомережах та визначення ключових вимог до нової системи.
- Визначення механізмів інтеграції моделей системи підтримки прийняття рішень при управлінні гібридними мікромережами.
- Проектування модуля активації: Спроектувати алгоритм запуску прогнозних моделей, що забезпечить збереження результатів прогнозів та їх інтеграцію з базою даних для запису результатів виконання моделей.
- Реалізація модуля активації: забезпечити точність і надійність прогнозування та збереження результатів.

У підсумку дана кваліфікаційна робота магістра спрямована на вирішення актуальної проблеми управління гібридними енергомережами через розробку методів автоматизації активації прогнозних моделей для підвищення ефективності інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень. Розробка даного модуля відкриває шлях для подальших досліджень та інновацій у цій області, що може мати значний вплив на майбутнє управління відновлюваними джерелами енергії та їх інтеграцію в загальну енергетичну систему.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Ідентифікація проблеми

У сучасному світі, де енергетичні потреби стрімко зростають, а виклики зміни клімату потребують швидкого переходу до більш сталого та ефективного використання ресурсів, гібридні енергетичні системи набувають особливого значення. Ці системи, які інтегрують різноманітні джерела енергії, від відновлюваних до традиційних, вимагають складного управління та оптимізації для досягнення максимальної ефективності та надійності.

Саме в цьому контексті тема "Програмний модуль активації прогнозних моделей системи підтримки прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережею" стає актуальною та важливою. Розробка ефективних інструментів для прогнозування та управління енергетичними системами відіграє ключову роль у підвищенні ефективності використання енергії, забезпеченні стабільності енергомереж та впровадженні інноваційних рішень для сталого енергетичного майбутнього.

Цей розділ надає огляд останніх досліджень та публікацій, які висвітлюють поточний стан та виклики у цій сфері, підкреслюючи важливість і актуальність розробки нових програмних рішень для гібридних енергомереж.

У контексті декарбонізації енергетичної системи, інтеграція розподілених відновлюваних джерел енергії і розвиток гібридних енергетичних мереж (ГЕМ) набувають особливого значення. Згідно з джерелами [1-7] цей процес передбачає значні виклики, оскільки традиційні підходи часто не в змозі охопити всі аспекти ГЕМ. Незважаючи на наявність методів і інструментів для планування та проектування енергетичних систем, їхнє адаптування чи розширення поза первісною сферою використання є предметом досліджень та розробки.

Інноваційні інструменти для моделювання ГЕМ, які були представлені в [8-13], включають категоризацію інструментів на основі аналізу їх найбільш важливих характеристик. Це дозволяє розробникам та інженерам вибирати найбільш підходящі інструменти для конкретних застосувань, хоча водночас зростання

кількості доступних інструментів і методів створює виклики для користувачів у підтримці орієнтації та виборі найкращого інструменту для їхніх конкретних застосувань.

З іншого боку, джерела [14-19] зазначає, що моделі енергетичних систем мають важливе значення для планування шляхів енергетичного переходу та розуміння їх впливів. Виявлені тенденції, такі як зростаюча увага до відкритого доступу та покращення тимчасової деталізації для планування майбутніх сценаріїв з високим рівнем змінних відновлюваних джерел енергії, підкреслюють важливість цих інструментів.

Таким чином, актуальність та важливість моделювання гібридних енергетичних мереж в сучасному контексті енергетичного переходу не можуть бути недооцінені. Здатність адекватно моделювати ГЕМ є ключовою для розуміння та ефективного управління енергетичними системами майбутнього.

Розробка ефективних систем управління енергією (EMS) для гібридних енергетичних систем є критичною для забезпечення стабільності та ефективності використання відновлюваних джерел енергії. Згідно з дослідженням, представленим у [20-23], пропонується EMS для гібридної системи, що має підключення до мережі, на основі методології модельного прогнозного управління (MPC). Цей підхід базується на моделі системи зберігання, що прогнозує майбутню поведінку вихідної потужності системи та управляє балансом між електроенергією, що надходить від гібридного заводу, та попитом. EMS має на меті мінімізувати споживання електроенергії з мережі, виробляючи та споживаючи якомога більше відновлюваної енергії.

З іншого боку, у [24-34] пропонується єдиний EMS для гібридної мікрогенераційної системи з гібридною системою зберігання енергії (HESS), яка забезпечує безперервне та надійне електропостачання місцевих навантажень і можливість експорту/імпорту енергії до/з мережі. На рисунку 1.1 зображено приклад такої системи.

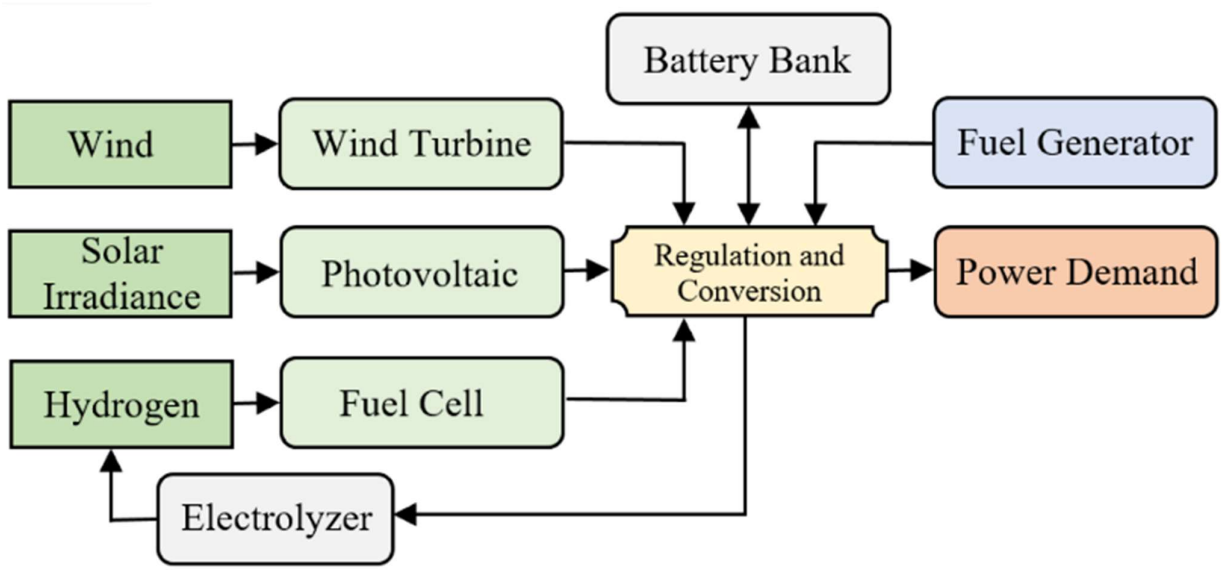

Рисунок 1.1 – Приклад схеми «гібридної системи відновлюваної енергії» (HRES), яка включає кілька відновлюваних джерел енергії.

Джерело: [33]

Розроблений EMS враховує варіації потужності, доступність мережі, ціни на електроенергію та зміни в місцевих навантаженнях. В однофазному джерелі напруги з конвертером (VSC) передається реальна потужність між постійним струмом та мережею, забезпечуючи додаткові послуги, такі як підтримка реактивної потужності, єдиності коефіцієнта потужності та зменшення гармонік у точці загального з'єднання (PCC). На рисунку 1.2 показано приклад балансування потужності в енергомережі.

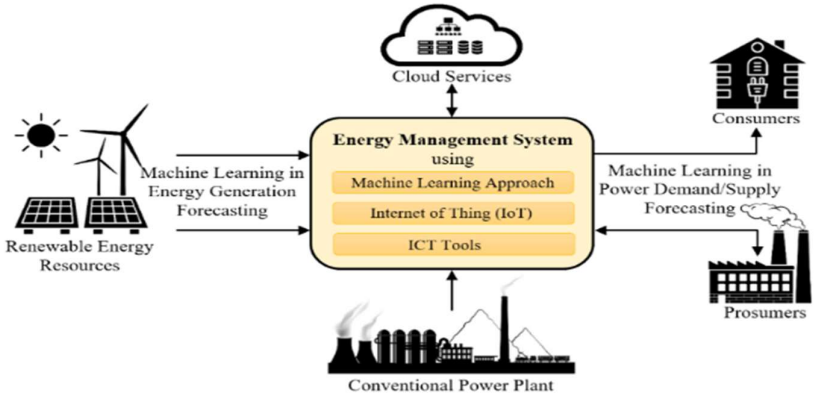

Рисунок 1.2 – Використання передових технологій у гібридній системі відновлюваної енергетики (ГРЕС).

Джерело: [34]

У сучасному світі, де близько 80% світового енергетичного попиту задовольняється за рахунок викопного палива та ядерної енергії, передбачення майбутньої енергетичної потреби стає важливим завданням. Дослідження, представлені в [35-37], зосереджуються на машинному навчанні, зокрема на методах штучних нейронних мереж (ANN), які використовуються для прогнозування часових рядів даних.

З огляду на нестабільний характер відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова або гідроенергія, ANN відіграє ключову роль у передбаченні майбутнього вироблення енергії. Різні архітектури нейронних мереж, такі як багатошаровий перцептрон (MLP), рекурентна нейронна мережа (RNN) і згорткова нейронна мережа (CNN), а також моделі з довгостроковою короткостроковою пам'яттю (LSTM), були використані у застосуваннях для прогнозування вироблення відновлюваної енергії.

Дослідження [38] вказує на зростаючу роль використання ANN в різних аспектах управління гібридно-відновлюваними енергетичними системами. ANN мають здатність обробляти складні дані, необхідні для прогнозування виробництва енергії, і враховувати численні фактори, які впливають на цей процес. Використання ANN у прогнозуванні виробництва енергії від відновлюваних джерел є особливо актуальним у контексті швидкого розвитку технологій та потреби в більш ефективному та надійному використанні відновлюваних джерел енергії.

Перехід до інтелектуальних енергетичних систем, відомих як "розумні мережі", зумовив тісне переплетення традиційних енергетичних систем з інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ). Як підкреслено в дослідженні [39], ця взаємозалежність вимагає комбінованого аналізу фізичних процесів і процесів ІКТ. Основною проблемою тут є симуляція обох областей одночасно через кардинально різні підходи до моделювання та симуляції.

Дослідження виявило низку викликів, таких як синхронізація часу та обробка подій, та представило огляд сучасних рішень для інтеграції симуляторів енергосистеми. Особливу увагу приділено методам спільної симуляції, їх викликам і потенціалу. В дослідженні зазначається, що такі підходи до симуляції можуть надати важливий внесок у розуміння взаємодії між енергетичними системами та ІКТ.

Дві кейс-стадії, представлені в дослідженні, аналізують вплив ІКТ на застосування в експлуатації енергосистем. Ці приклади підкреслюють необхідність цілісного підходу і демонструють можливості сучасних платформ спільної симуляції. Зокрема, вони показують, як ІКТ може впливати на управління енергосистемами, оптимізацію ресурсів та забезпечення стабільності енергопостачання.

Загалом інтеграція систем управління енергією та ІКТ є ключовим елементом у розвитку розумних енергетичних систем. Ця інтеграція дозволяє не тільки покращувати ефективність і надійність енергосистем, але й сприяє розвитку нових методів оптимізації та управління в області виробництва та розподілу енергії.

Управління гібридними енергетичними системами у сучасному світі стає все більш актуальним та складним завданням. Ця актуальність обумовлена швидким розвитком технологій, зростаючим попитом на енергію та необхідністю інтеграції відновлюваних джерел енергії. Дослідження у цій області виявляє різноманітні виклики, від розвитку інноваційних методів прогнозування виробництва енергії до інтеграції систем управління з сучасними ІКТ.

Дана кваліфікаційна робота вписується в цей контекст, оскільки зосереджується на вдосконаленні методів управління гібридними енергетичними системами. Це включає розробку нових підходів для моделювання цих систем, використання штучних нейронних мереж для точного прогнозування енергетичних потреб та інтеграцію цих методів з передовими ІКТ-рішеннями для підвищення ефективності та надійності гібридних енергосистем.

Це дослідження підкреслює важливість і складність управління гібридними енергетичними системами в умовах швидких технологічних змін та зростаючих енергетичних потреб. Представлені підходи та методи відкривають нові перспективи для розвитку та оптимізації гібридних систем, підвищуючи їх ефективність та екологічну стійкість.

Подальші дослідження в цій області будуть мати вирішальне значення для розвитку сталої енергетики, особливо у контексті глобальних змін клімату та переходу до низьковуглецевих джерел енергії. Працюючи над цією темою, я сподіваюсь зробити внесок у покращення технологій, які допоможуть досягнути цих глобальних цілей.

1.2 Аналіз сервісів-аналогів

Гібридні енергосистеми (ГЕМ) стають все більш поширеними. Вони складаються з різних джерел енергії, таких як сонячні панелі, вітрові турбіни, електростанції на основі двигунів внутрішнього згоряння та інших. Для ефективного управління ГЕМ необхідно використовувати системи підтримки прийняття рішень (СППР), які можуть прогнозувати стан системи та пропонувати оптимальні рішення для її управління.

Програмний модуль активації прогнозних моделей є важливою частиною СППР для ГЕМ. Він відповідає за запуск прогнозних моделей та передачу результатів прогнозу до СППР.

У цьому розділі буде проведено аналіз трьох сервісів, які можна використовувати для розробки програмного модуля активації прогнозних моделей для ГЕМ:

- **OSeMOSYS** - це відкрите програмне забезпечення для моделювання та оптимізації енергетичних систем [40].
- **Homer Energy** - це комерційне програмне забезпечення для моделювання та оптимізації енергетичних систем [41].
- **PyPSA** - це відкрите програмне забезпечення для моделювання енергосистем, написане на Python [42].

OSeMOSYS – це відкрите програмне забезпечення для моделювання та оптимізації енергетичних систем. Воно дозволяє розробникам створювати СППР для ГЕМ, включаючи програмний модуль активації прогнозних моделей.

OSeMOSYS складається з двох основних компонентів: моделювання та оптимізації. Компонент моделювання дозволяє розробникам створювати моделі енергетичних систем, які можуть включати такі елементи, як джерела енергії, споживачі енергії та передача та розподіл енергії. Компонент оптимізації дозволяє розробникам знаходити оптимальні рішення для управління енергетичною системою.

OSeMOSYS підтримує два основних способи використання прогнозних моделей: прогнозування попиту на електроенергію та прогнозування параметрів енергетичних систем. Прогноз попиту на електроенергію може бути використаний

для оптимізації управління енергетичною системою. Прогноз параметрів енергетичних систем може бути використаний для підвищення точності оптимізації.

Програмний модуль активації прогнозних моделей OSeMOSYS дозволяє розробникам використовувати прогнозні моделі в рамках СППР. Модуль складається з двох основних частин: функції запуску прогнозних моделей та функції обробки результатів прогнозу.

Розглянемо приклад використання програмного модуля активації прогнозних моделей OSeMOSYS для розробки СППР для ГЕМ, яка оптимізує виробництво енергії з відновлюваних джерел. У цьому прикладі СППР буде використовувати прогнози виробництва енергії з сонячних панелей та вітрових турбін для оптимізації роботи цих джерел (рисунок 1.3).

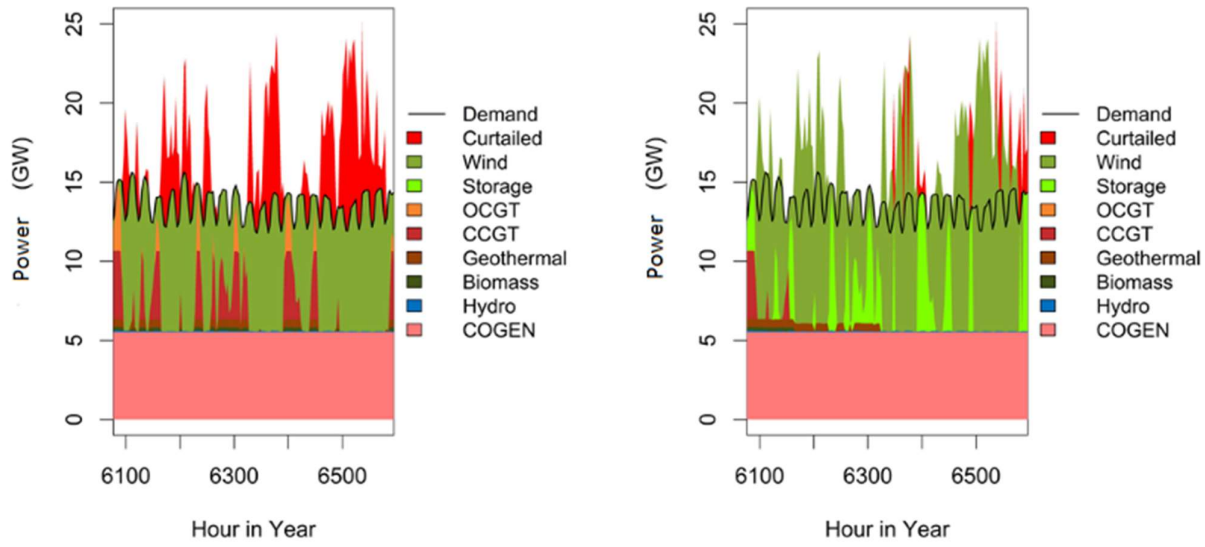

Рисунок 1.3 – Порівняння профілю генерації електроенергії без і зі сховищем. *Джерело [40]*

Програмний модуль активації прогнозних моделей буде запускати прогнозні моделі сонячних панелей та вітрових турбін в заданому порядку. Результати прогнозу будуть оброблятися програмним модулем і передаватися до СППР. СППР буде використовувати результати прогнозу для визначення оптимальної кількості енергії, яку необхідно виробити кожним джерелом енергії.

OSeMOSYS має ряд особливостей, які роблять його корисним для розробки програмного модуля активації прогнозних моделей для ГЕМ. Ці особливості включають:

- Міцну архітектуру, яка дозволяє розробникам створювати складні СППР.
- Розширені можливості моделювання, які дозволяють розробникам точно моделювати реальні енергетичні системи.
- Функції оптимізації, які дозволяють розробникам знаходити оптимальні рішення для управління енергетичною системою.
- Підтримку прогнозних моделей, яка дозволяє розробникам використовувати прогнозні моделі в рамках СППР.

Загалом, OSeMOSYS є потужним інструментом, який дозволяє розробникам створювати складні СППР для ГЕМ, включаючи програмний модуль активації прогнозних моделей.

Homer Energy – це комерційне програмне забезпечення для моделювання та оптимізації енергетичних систем. Воно дозволяє розробникам створювати СППР для ГЕМ, включаючи програмний модуль активації прогнозних моделей.

Homer Energy складається з двох основних компонентів: моделювання та оптимізації. Компонент моделювання дозволяє розробникам створювати моделі енергетичних систем, які можуть включати такі елементи, як джерела енергії, споживачі енергії та передача та розподіл енергії. Компонент оптимізації дозволяє розробникам знаходити оптимальні рішення для управління енергетичною системою. На рисунку 1.4 зображено головне вікно програми Homer Energy.

Homer Energy підтримує два основних способи використання прогнозних моделей: прогнозування попиту на електроенергію та прогнозування параметрів енергетичних систем. Прогноз попиту на електроенергію може бути використаний для оптимізації управління енергетичною системою. Прогноз параметрів енергетичних систем може бути використаний для підвищення точності оптимізації.

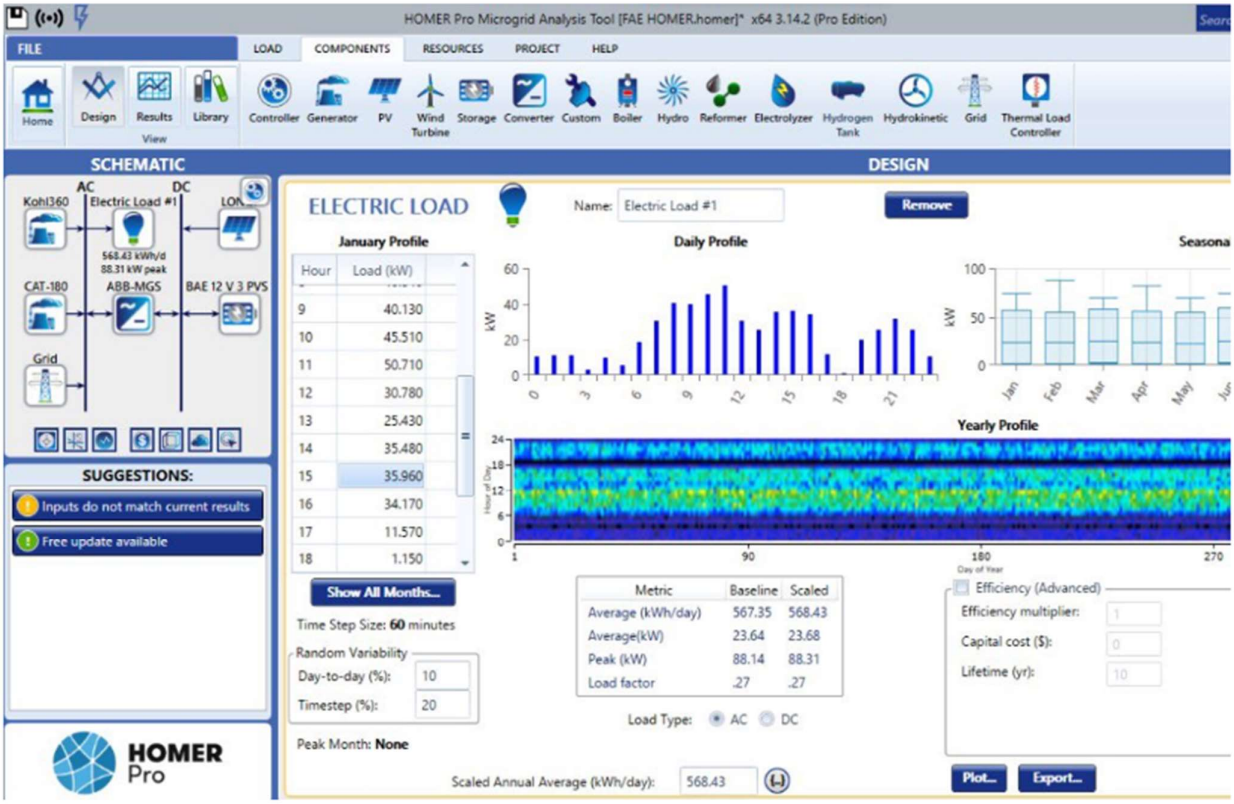

Рисунок 1.4 – Головне вікно програми HOMER Pro.

Джерело [41]

Програмний модуль активації прогнозних моделей Homer Energy дозволяє розробникам використовувати прогнозні моделі в рамках СППР. Модуль складається з двох основних частин: функції запуску прогнозних моделей та функції обробки результатів прогнозу.

Розглянемо приклад використання програмного модуля активації прогнозних моделей Homer Energy для розробки СППР для ГЕМ, яка оптимізує виробництво енергії з відновлюваних джерел (рисунок 1.5). У цьому прикладі СППР буде використовувати прогнози виробництва енергії з сонячних панелей та вітрових турбін для оптимізації роботи цих джерел.

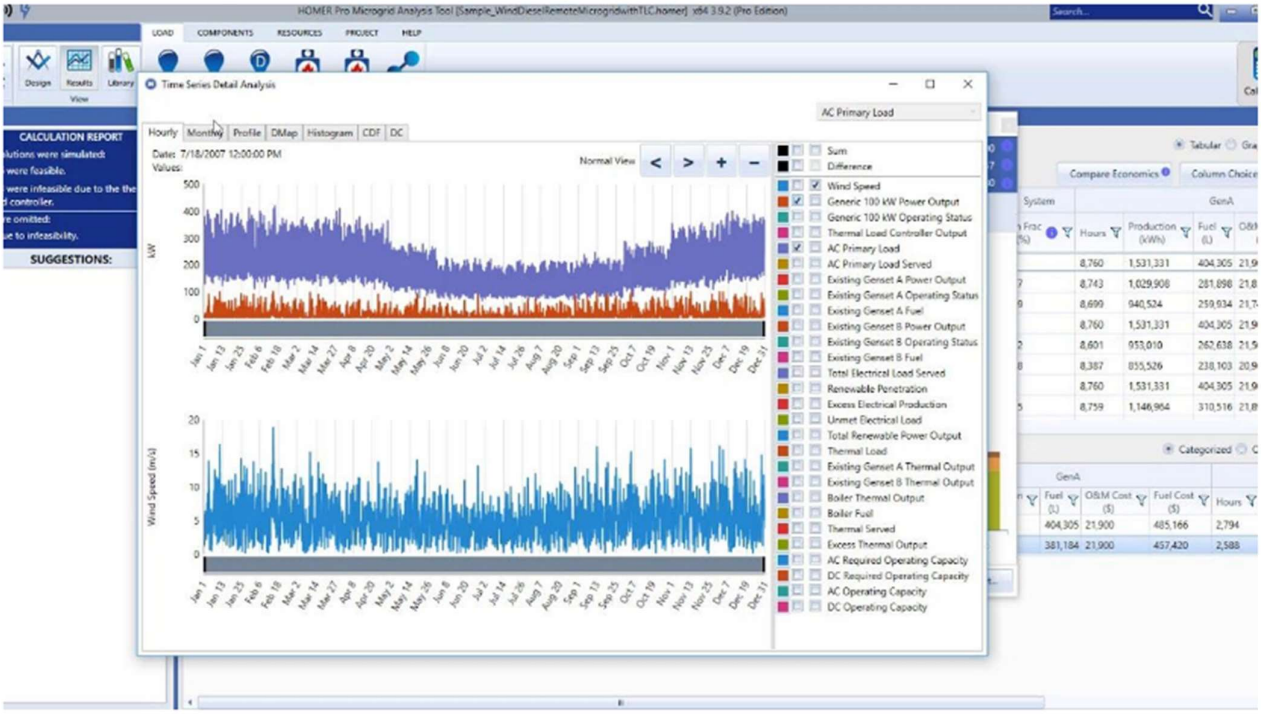

Рисунок 1.5 – Вікно детального аналізу показників.

Джерело [41]

Програмний модуль активації прогнозних моделей буде запускати прогнозні моделі сонячних панелей та вітрових турбін в заданому порядку. Результати прогнозу будуть оброблятися програмним модулем і передаватися до СППР. СППР буде використовувати результати прогнозу для визначення оптимальної кількості енергії, яку необхідно виробити кожним джерелом енергії.

Homer Energy має ряд особливостей, які роблять його корисним для розробки програмного модуля активації прогнозних моделей для ГЕМ. Ці особливості включають:

- Простота використання – Homer Energy є відносно простим у використанні програмним забезпеченням, що робить його придатним для розробників, які не мають досвіду моделювання енергетичних систем.
- Широкий спектр функцій – Homer Energy підтримує широкий спектр функцій моделювання та оптимізації, що дозволяє розробникам створювати складні СППР для ГЕМ.

- Підтримка прогнозних моделей – Homer Energy підтримує два основних способи використання прогнозних моделей, що дозволяє розробникам використовувати прогнозні моделі в рамках СППР.

PyPSA – це відкрите програмне забезпечення для моделювання та оптимізації енергетичних систем, написане на Python. Воно дозволяє розробникам створювати СППР для ГЕМ, включаючи програмний модуль активації прогнозних моделей. На рисунку 1.6 зображено зв’язки між секторами енергосистеми.

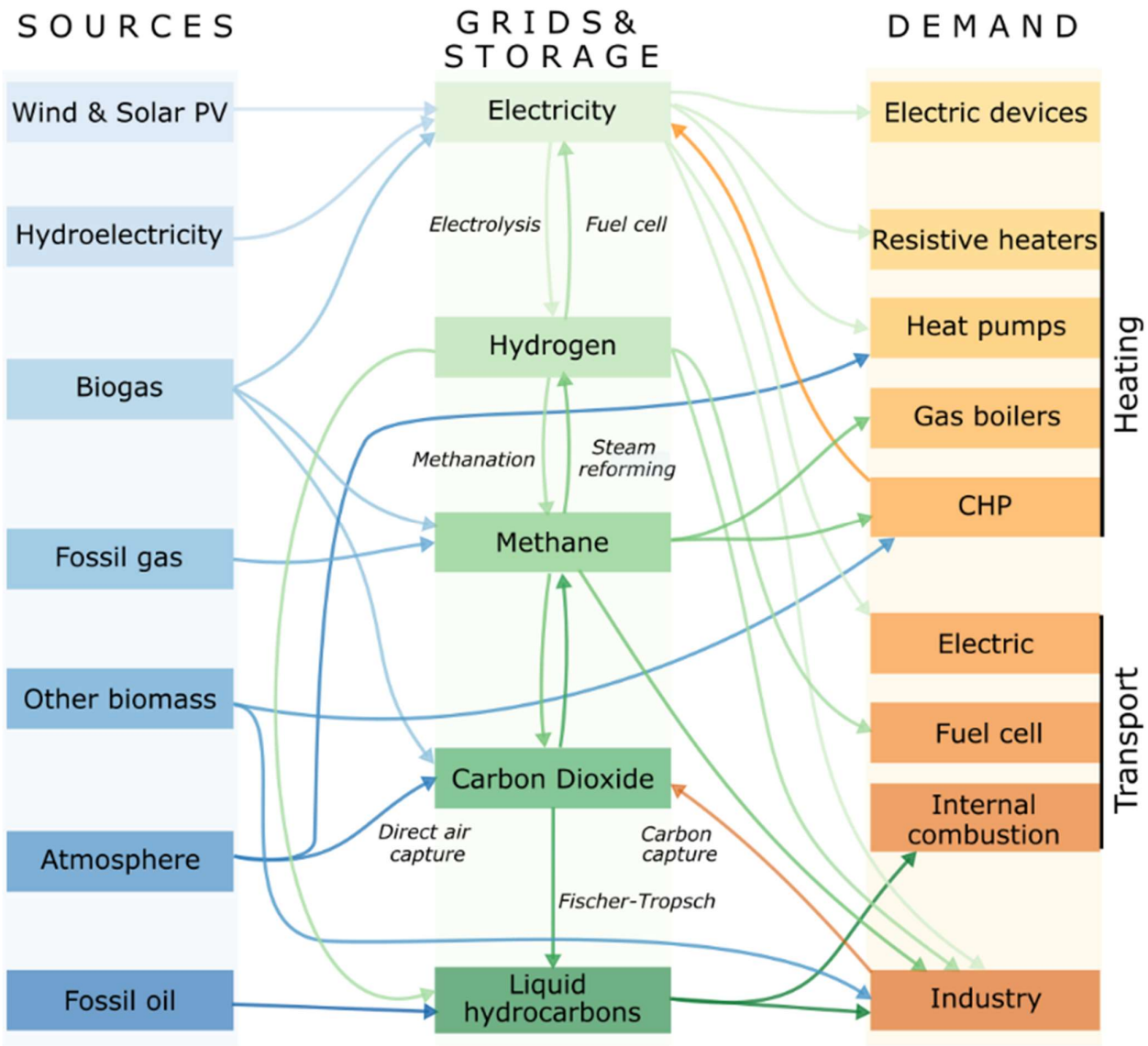

Рисунок 1.6 – Огляд секторів і зв'язків між ними.

Джерело: [42]

PyPSA складається з двох основних компонентів: моделювання та оптимізації. Компонент моделювання дозволяє розробникам створювати моделі енергетичних систем, які можуть включати такі елементи, як джерела енергії, споживачі енергії та передача та розподіл енергії. Компонент оптимізації дозволяє розробникам знаходити оптимальні рішення для управління енергетичною системою.

PyPSA підтримує два основних способи використання прогнозних моделей: прогнозування попиту на електроенергію та прогнозування параметрів енергетичних систем. Прогноз попиту на електроенергію може бути використаний для оптимізації управління енергетичною системою. Прогноз параметрів енергетичних систем може бути використаний для підвищення точності оптимізації. На рисунку 1.7 наведено приклад прогнозу потужності для України за 2014 рік.

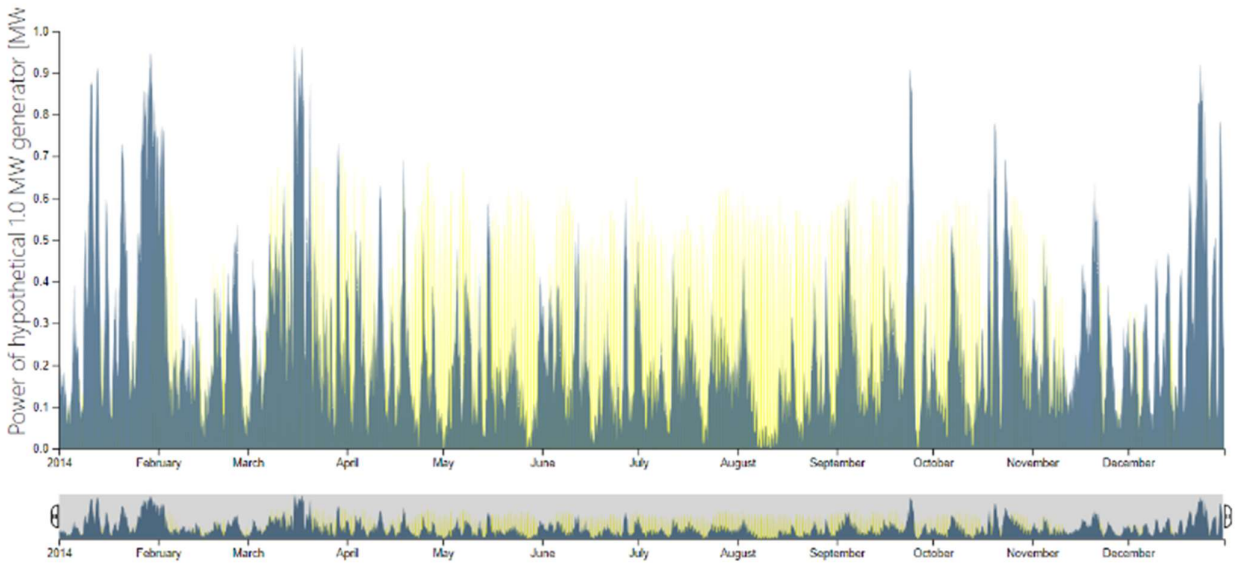

Рисунок 1.7 – Приклад гіпотетичної потужності генерації для України за 2014 рік.
Джерело: [42]

Програмний модуль активації прогнозних моделей PyPSA дозволяє розробникам використовувати прогнозні моделі в рамках СППР. Модуль складається з двох основних частин: функції запуску прогнозних моделей та функції обробки результатів прогнозу.

Наприклад, PyPSA можна використовувати для розробки СППР для ГЕМ, яка оптимізує виробництво енергії з відновлюваних джерел. У цьому прикладі СППР буде використовувати прогнози виробництва енергії з сонячних панелей та вітрових

турбін для оптимізації роботи цих джерел. Рисунок 1.8 містить приклад моделювання енергосистеми Німеччини на 2015 рік.

Програмний модуль активації прогнозних моделей PyPSA буде запускати прогнозні моделі сонячних панелей та вітрових турбін в заданому порядку. Результати прогнозу будуть оброблятися програмним модулем і передаватися до СППР. СППР буде використовувати результати прогнозу для визначення оптимальної кількості енергії, яку необхідно виробити кожним джерелом енергії.

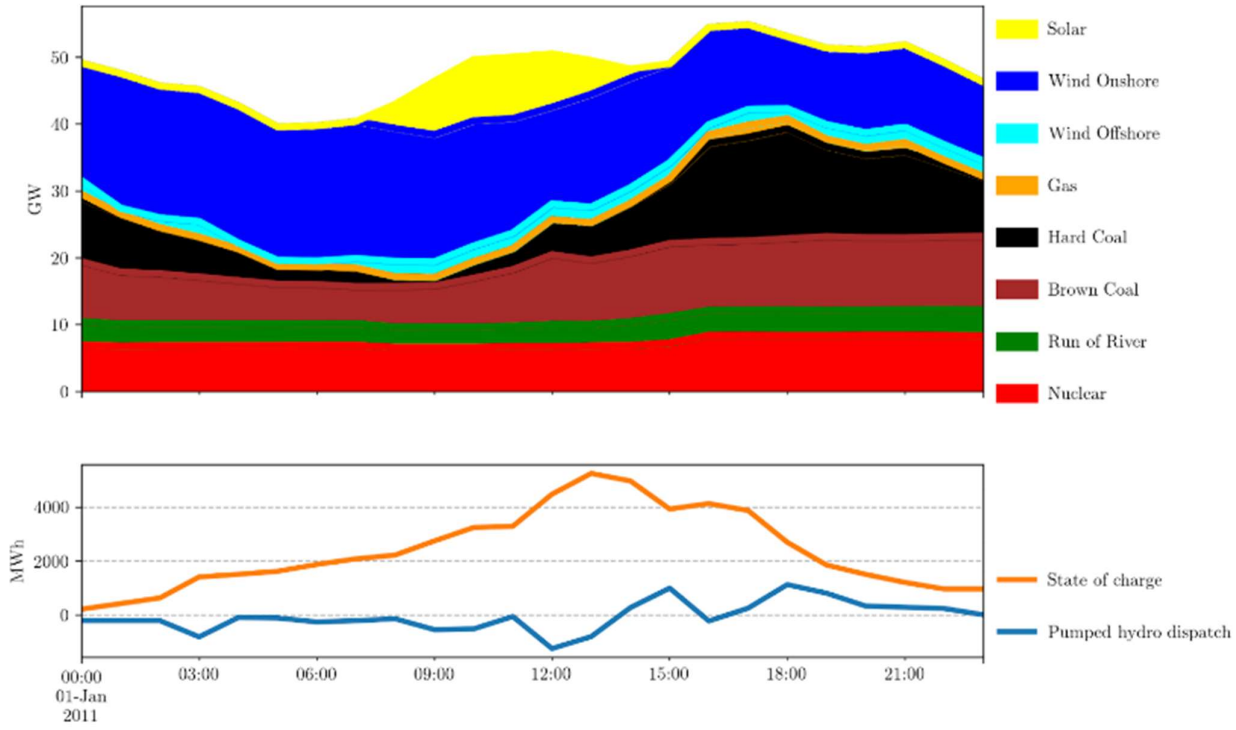

Рисунок 1.8 – Модель SciGRID, що моделює енергосистему Німеччини на 2015 рік.
Джерело: [42]

PyPSA має ряд переваг, які роблять його хорошим вибором для розробки програмного модуля активації прогнозних моделей для ГЕМ. Ці переваги включають:

- Розроблено на Python – PyPSA написано на Python, що робить його доступним для широкого кола розробників.
- Відкрите програмне забезпечення – PyPSA є відкритим програмним забезпеченням, що дозволяє розробникам вносити свій вклад у розвиток програмного забезпечення.

- Широкий спектр функцій – PyPSA підтримує широкий спектр функцій моделювання та оптимізації, що дозволяє розробникам створювати складні СППР для ГЕМ.
- Підтримка прогнозних моделей – PyPSA підтримує два основних способи використання прогнозних моделей, що дозволяє розробникам використовувати прогнозні моделі в рамках СППР.

Загалом, PyPSA є потужним інструментом, який дозволяє розробникам створювати СППР для ГЕМ, включаючи програмний модуль активації прогнозних моделей.

Homer Energy, PyPSA та OSeMOSYS – це три потужних інструменти, які дозволяють розробникам створювати СППР для ГЕМ. Кожна система має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при виборі. Порівняння характеристик систем вказано у Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння сервісів

	Вартість	**Зручність**	**Функціональність**	**Платформа**
Homer Energy	$42-185/міс	Пропонує онлайн навчання з інструктором	Спеціалізується на оптимізації гібридних мікромережевих систем. Має глобальну базу користувачів та надає базову підтримку та оновлення	Windows
PyPSA	Безкоштовна	Призначена для дослідників, яким потрібен прозорий та легкий у використанні інструмент	Фокусується на розрахунку оптимального потоку потужності. Менш комплексний, ніж деякі комерційні інструменти, але безкоштовний та гнучкий	Сумісні з Python системи
OSeMOSYS	Безкоштовна	Призначена для дослідників, яким потрібен прозорий та легкий у використанні інструмент	Відкритий лінійний інструмент для моделювання енергосистем. Детальне визначення технологій та енергетичних векторів.	GNU MathProg, GAMS, Python

Джерело: побудовано автором

Порівнюючи системи Homer Energy, PyPSA та OSeMOSYS, можна зробити висновок, що вибір між ними залежить від балансу вартості, зручності використання та потреб у функціональності. Homer Energy пропонує більш комплексне рішення для оптимізації мікромереж із комерційною підтримкою та навчанням, але він не є безкоштовним. Натомість, PyPSA та OSeMOSYS пропонують безкоштовні та відкриті платформи, які зосереджені на прозорості та гнучкості для дослідників, з меншим обсягом комерційної підтримки, але з великими можливостями для індивідуального налаштування.

Незважаючи на доступність та різноманітність існуючих рішень, розробка власного модуля активації моделей є виправданою потребою в контексті специфічних вимог та індивідуальних параметрів системи, які не можуть бути повністю задоволені стандартними інструментами.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

2.1 Мета та задачі

Метою кваліфікаційної роботи магістра є розробка програмного модуля для активації прогнозних моделей у системі підтримки прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережею. Проект буде корисним для операторів енергомереж, які використовують гібридні системи, і дозволить їм ефективно управляти потоками енергії за допомогою передових прогнозних моделей. Це дозволить забезпечити більш ефективне використання ресурсів і оптимізувати роботу системи.

Програмний модуль має такі ключові функціональні вимоги:

- Автоматизація процесу вибору і активації прогнозних моделей.
- Інтеграція з сучасними хмарними сховищами, такими як Amazon S3, для зберігання і оновлення моделей.
- Обробка та аналіз даних, отриманих від моделей.
- Візуалізація результатів роботи моделей.
- Розробка механізму обробки та зберігання логів помилок.

На основі встановлених цілей, у рамках кваліфікаційної роботи планується:

1. Створення програмного модуля, що інтегрується з хмарними сервісами для управління прогнозними моделями.
2. Розробка інтерфейсу для візуалізації результатів роботи моделей.
3. Забезпечення надійного механізму збору та обробки даних, а також їх зберігання.
4. Імплементація функціоналу для моніторингу стану моделей та виявлення помилок у їх роботі.

Ця робота дасть можливість не тільки оптимізувати процес управління гібридними енергомережами, але й забезпечити операторам цих систем потужний інструмент для ефективного прийняття рішень.

2.2 Вибір технології реалізації

У цій кваліфікаційній роботі магістра фокусується на розробці програмного модуля для активації прогнозних моделей у системі підтримки прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережею. Цей процес включає в себе численні завдання, такі як кодування, інтеграція даних та їх аналіз. Важливим аспектом є вибір технологій, який впливає на ефективність та масштабованість розроблюваної системи.

Проект був розділений на наступні ключові етапи:

1. Мова програмування:
    - Основною мовою було обрано Python, оскільки ця мова відома своїми широкими можливостями для розробки складних алгоритмів і обробки великих обсягів даних. Її гнучкість і різноманітність бібліотек роблять її ідеальним вибором для завдань машинного навчання та аналізу даних.
2. Автоматизація процесів:
    - Для автоматизації регулярного запуску задач було використано Linux Cron. Цей інструмент дозволяє забезпечити стабільну та надійну роботу системи завдяки регулярному виконанню заданих процедур.
3. Управління даними:
    - Для зберігання даних було вибрано S3 API, що гарантує високу доступність і масштабованість.
    - SQL Database API було вибрано для структурованого управління даними, що важливо для ефективної роботи з аналітичними запитами.
4. Контейнеризація:
    - З метою легкого розгортання та масштабування системи було обрано Docker, що також дозволяє забезпечити консистентність середовищ розробки та виробництва.

Такий продуманий вибір технологій дозволить розробити ефективну та надійну систему, яка відповідатиме всім вимогам і цілям кваліфікаційної роботи магістра.

3 ПРОЕКТУВАННЯ МОДУЛЯ АКТИВАЦІЇ

3.1 Структурно-функціональне моделювання

Є багато методів створення діаграм процесів, включаючи блок-схеми та діаграми потоків даних, але не всі вони відповідають стандартам. Метод IDEF0 є одним з таких стандартизованих підходів [43]. Він являє собою метод моделювання, що використовує поєднання графіки та тексту, представлених у впорядкованому та систематизованому форматі, що сприяє розумінню, аналізу, виявленню логіки для змін, визначенню вимог та підтримці дизайну та інтеграції на системному рівні.

Модель IDEF0 складається з ієрархічної низки діаграм, які деталізують опис функцій та їх інтерфейсів у контексті системи. У моделі використовуються три види діаграм: графічні, текстові та глосарії, де графічні діаграми демонструють функції та їх взаємозв'язки через визначений синтаксис і семантику полів та стрілок.

Контекстні діаграми та діаграми декомпозиції нижче відображають ключові процеси та взаємодії у системі.

На рисунках 3.1 і 3.2 розглядається процес активації прогнозних моделей, який є ключовим для ефективного управління гібридними мікромережами і системою підтримки прийняття рішень. Цей процес ініціюється від запуску планувальника на операційній системі Linux, який забезпечує виконання задач відповідно до визначеного часового інтервалу для прогнозування. Ключовим елементом є модуль активації, який вибирає та запускає необхідні прогнозні моделі для обробки даних і вироблення точних прогнозів.

Рисунок 3.1 – Контекстна діаграма процесу активації прогнозних моделей

Джерело: побудовано автором

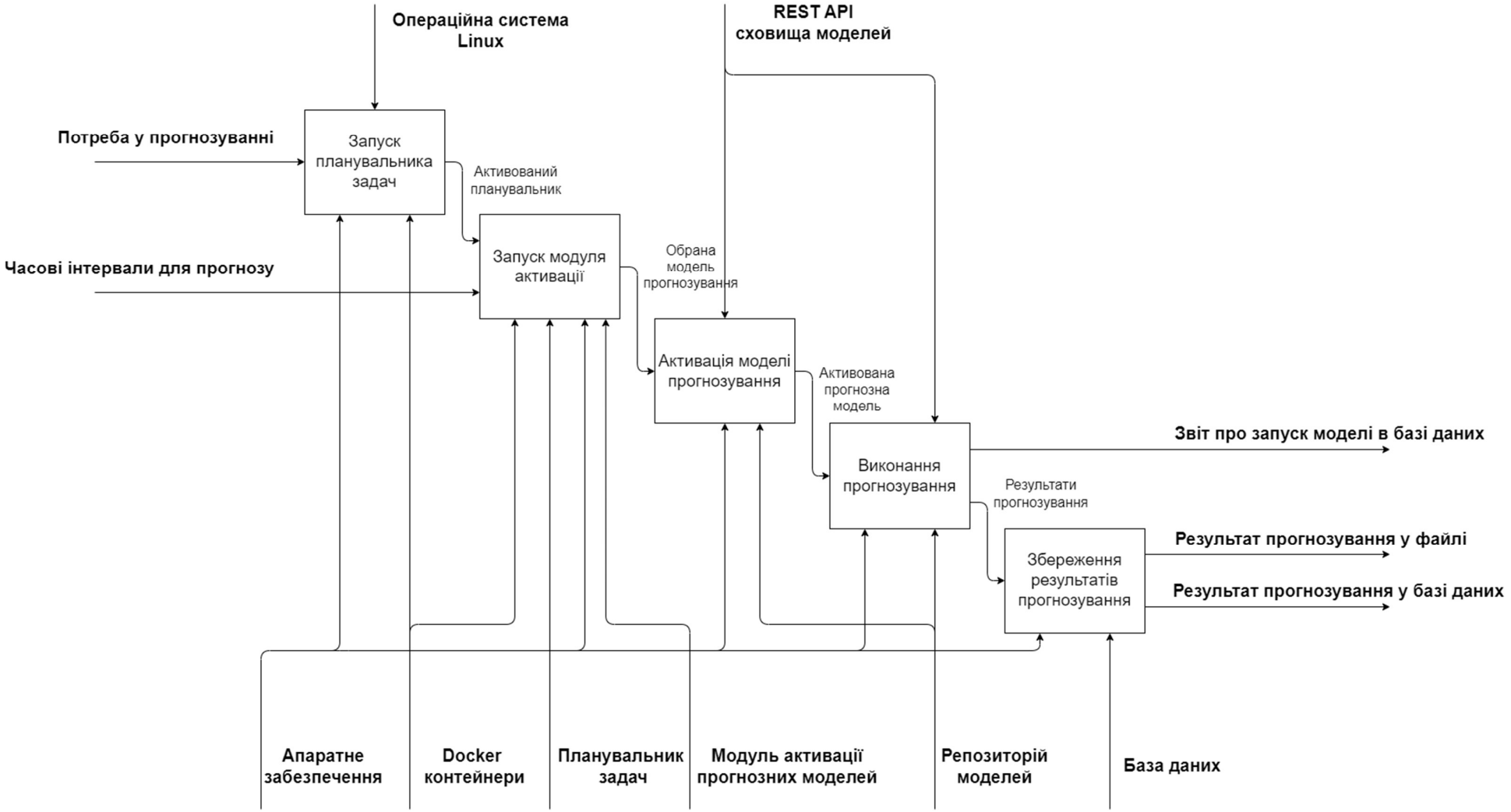

Рисунок 3.2 – Декомпозиція контекстної діаграми системи активації прогнозних моделей

Джерело: побудовано автором

Інтеграція з зовнішніми джерелами даних відбувається через REST API, що дозволяє моделям отримувати актуальну інформацію необхідну для прогнозування. Після активації моделі, результати прогнозування зберігаються для подальшого аналізу та використання в прийнятті рішень, що дозволяє підвищити ефективність управління енергетичними ресурсами.

У підсумку активовані моделі реєструються в системі, забезпечуючи високу прозорість та звітність процесу. Цей підхід сприяє оптимізації поточного використання ресурсів, а також створює основу для масштабованості та адаптації системи під змінювані умови та потреби майбутнього.

3.2 Моделювання варіантів використання

UML, що означає уніфікована мова моделювання, представляє собою стандартизований мовний інструментарій, що складається з різноманітних діаграм. Цей інструментарій спроектований для допомоги у визначенні, візуалізації, створенні та документуванні аспектів програмних систем для розробників систем та програмного забезпечення. UML включає низку перевірених інженерних методик, які є ефективними для моделювання об'ємних та складних систем, і є ключовим елементом у розробці об'єктно-орієнтованого ПЗ та процесах розробки програмного забезпечення. Завдяки головним чином графічним засобам представлення, UML дозволяє візуально висловлювати конструкції програмних проектів [44].

Застосування UML полегшує комунікацію в проектних командах, дозволяє аналізувати потенційні проекти та перевіряти архітектурний дизайн програмного забезпечення. Актор в UML – це класифікатор, що представляє роль зовнішнього об'єкта (людини, іншої системи чи апаратного забезпечення), який взаємодіє з системою та використовує її послуги.

Актори:

1. Планувальник задач – програмне забезпечення, що використовується для запуску модуля активації моделі через задані проміжки часу.

2. Репозиторій моделей – зовнішній сервіс, що містить файли моделей, які можуть бути використані в модулі активації.
3. База даних – SQL база даних, функцією якої є зберігання результатів прогнозування, виконаного за допомогою моделей. Також база даних забезпечує зберігання звітів про запуски моделей.

Наступні діаграми (рисунок 3.3) показують взаємодії між акторами, а також варіанти використання модуля (рисунок 3.4).

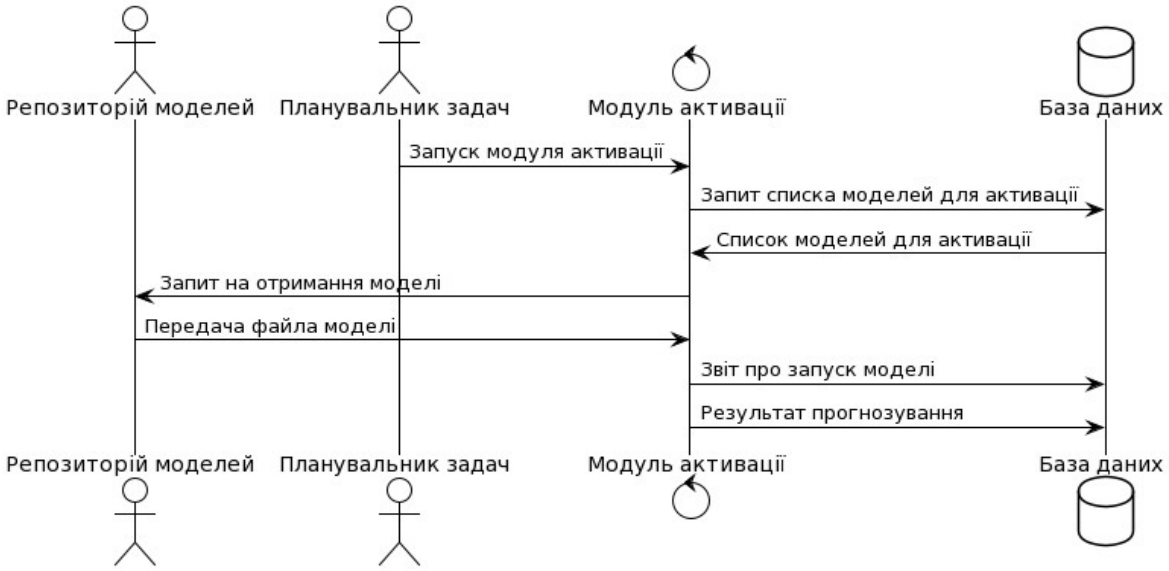

Рисунок 3.3 – Діаграма послідовності використання

Джерело: побудовано автором

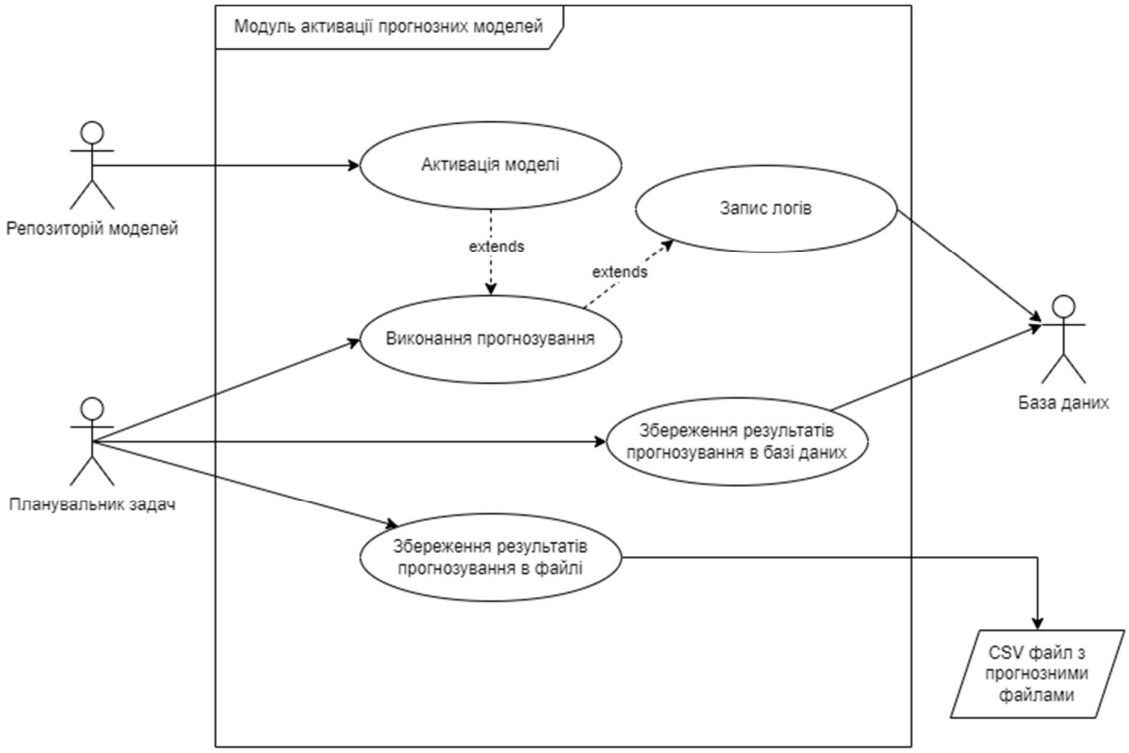

Рисунок 3.4 – Діаграма варіантів використання системи

Джерело: побудовано автором

3.3 Проектування бази даних

У рамках розробки системи активації прогнозних моделей для управління гібридною енергомережею ключовим компонентом є структурування та організація бази даних. Вона забезпечує надійне та ефективне зберігання важливих даних, пов'язаних із кожним запуском моделей. За результатами аналізу літератури та наукових джерел було прийнято рішення створити дві основні таблиці у базі даних. Перша таблиця, "Список моделей", включає інформацію про кожну модель, її місцезнаходження в сховищі S3, ідентифікатор тестових даних та інтервал запуску. Друга таблиця, "Результати активації моделей", слугує для відстеження кожного запуску моделі та зберігає деталі процесу виконання, включаючи статус, опис помилок та отримані результати.

Створення ER-діаграми було важливим кроком у візуалізації та розумінні структури та взаємозв'язків між даними у базі. Ця діаграма, представлена на

рисунку 3.5, допомагає уявити структуру бази даних та її компоненти. Важливість цього етапу полягає у створенні зручної та інтуїтивно зрозумілої системи зберігання даних, яка відповідає потребам системи та сприяє підвищенню її продуктивності. Всі деталі структури та вмісту таблиць бази даних були уважно продумані та представлені в таблиці 3.1, де кожне поле має свій тип даних та призначення.

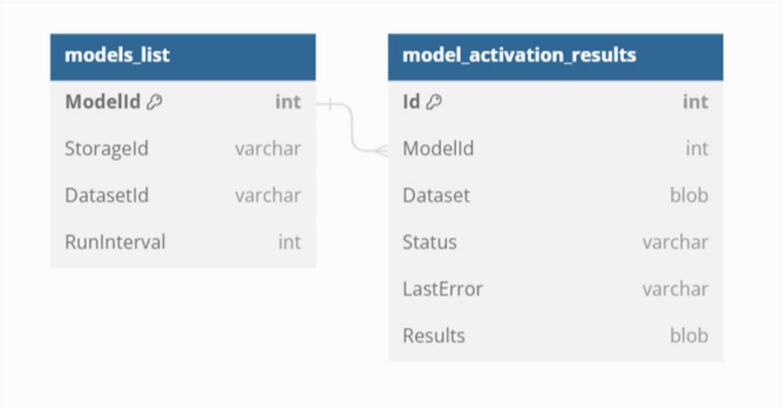

Рисунок 3.6 – ER-діаграма

Джерело: побудовано автором

Таблиця 3.1 – Опис таблиці "ModelsList" (Список моделей)

Назва поля	**Тип даних**	**Опис**
ModelId	int	Унікальний ідентифікатор моделі.
StorageId	varchar	Ідентифікатор моделі в сховищі S3.
DatasetId	varchar	Ідентифікатор набору тестових даних для моделі.
RunInterval	int	Інтервал (в секундах) для повторного запуску моделі.

Джерело: побудовано автором

Таблиця 3.2 – Опис таблиці "ModelActivationResults" (Результати активації моделей)

Назва поля	**Тип даних**	**Опис**
Id	int	Унікальний ідентифікатор запуску (autoincrement).
ModelId	int	Ідентифікатор моделі, посилання на ModelsList.
Dataset	blob	Бінарне поле, дані (CSV) для запуску моделі.
Status	varchar	Статус виконання моделі ("complete" або "error").
LastError	varchar	Опис помилки (якщо виникла).
Results	blob	Бінарне поле з результатами виконання (CSV).

Джерело: побудовано автором

4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛЯ АКТИВАЦІЇ ПРОГНОЗНИХ МОДЕЛЕЙ

4.1 Архітектура інформаційної системи

Першим етапом роботи було проаналізовано загальну архітектуру системи управління гібридною енергомережею, щоб зрозуміти роль модуля у роботі системи в цілому. На рисунку 4.1 зображено узагальнену архітектуру системи.

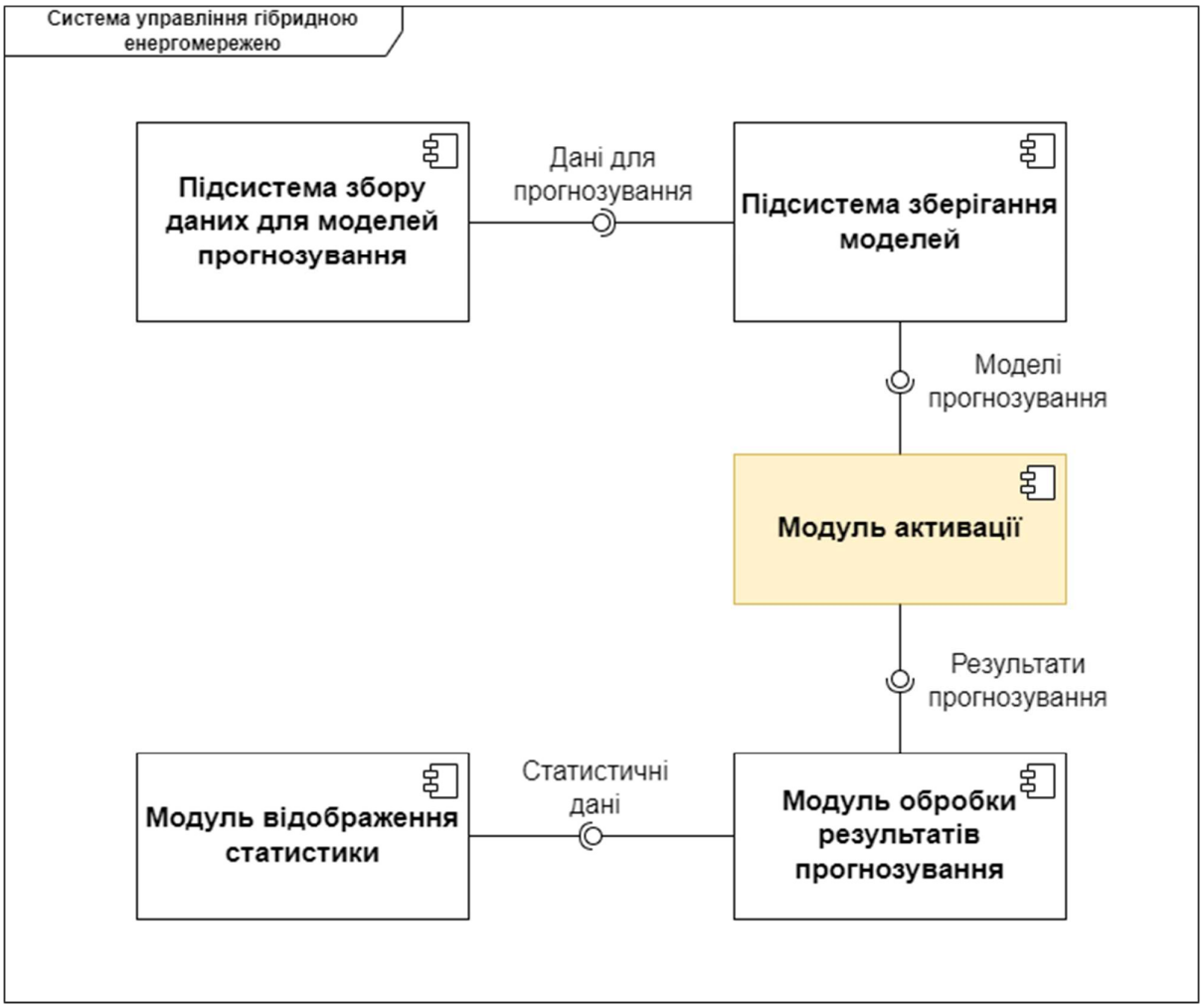

Рисунок 4.1 – Узагальнена архітектура системи

Джерело: побудовано автором

Наступним кроком стала розробка архітектури модуля активації прогнозних моделей (рисунок 4.2)

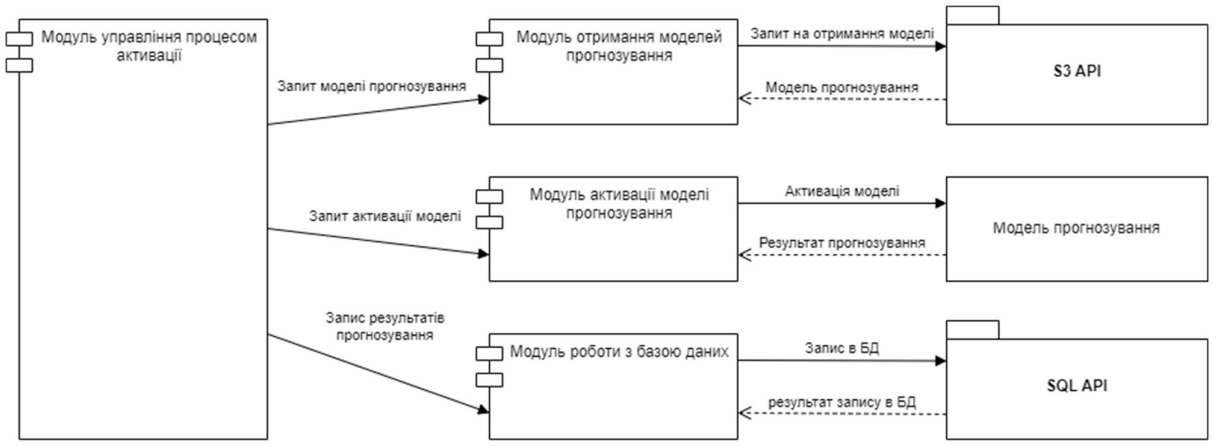

Рисунок 4.2 – Архітектура модуля активації прогнозних моделей

Джерело: побудовано автором

Модуль активації розроблений за допомогою компонентів, що описані в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Складові компоненти модуля активації

№	Компонент	Призначення
1	Модуль управління процесом активації	Даний модуль координує роботу інших модулей, згідно з запрограмованим алгоритмом
2	Модуль отримання моделей прогнозування	Цей модуль надсилає запит до сховища моделей прогнозування на отримання файлу моделі прогнозування і повертає лінк на файл до модуля управління
3	Модуль активації моделі прогнозування	Модуль виконує безпосередню активацію моделі прогнозування, очікує на результат і повертає результат в головний модуль
4	Модуль роботи з базою даних	Записує результати прогнозування, або помилку, що виникла під час прогнозування в базу даних

Джерело: побудовано автором

В даному розділі ключовим елементом є опис процесу роботи модулю, який полягає у виборі та активації прогнозних моделей з сховища на S3, очікуванні результатів або помилок від цих моделей та подальшому запису цих даних у базу даних для аналізу та використання у системі управління енергомережею.

4.2 Реалізація модулю активації

Модуль активації, який є важливою складовою системи, призначений для автоматичного запуску прогнозних моделей в гібридних енергомережах. Цей модуль було спроектовано так, щоб він забезпечував регулярне та точне виконання прогнозів через встановлені інтервали часу, що є критично важливим для забезпечення неперервності енергопостачання та ефективного розподілу ресурсів.

Розробка модулю була виконана на мові програмування Python, вибір якої обумовлений її універсальністю та великим набором доступних бібліотек, що спрощують процес розробки. Для зберігання та ефективного управління моделями прогнозування використовується Amazon S3 API [47][48], що дозволяє забезпечити надійне зберігання та швидкий доступ до моделей. Контейнеризація через Docker забезпечує уніфіковане середовище для модулю, в той час як Linux Cron використовується для автоматизації процесу запуску. на рисунку 4.3 зображено Docker-файл модулю.

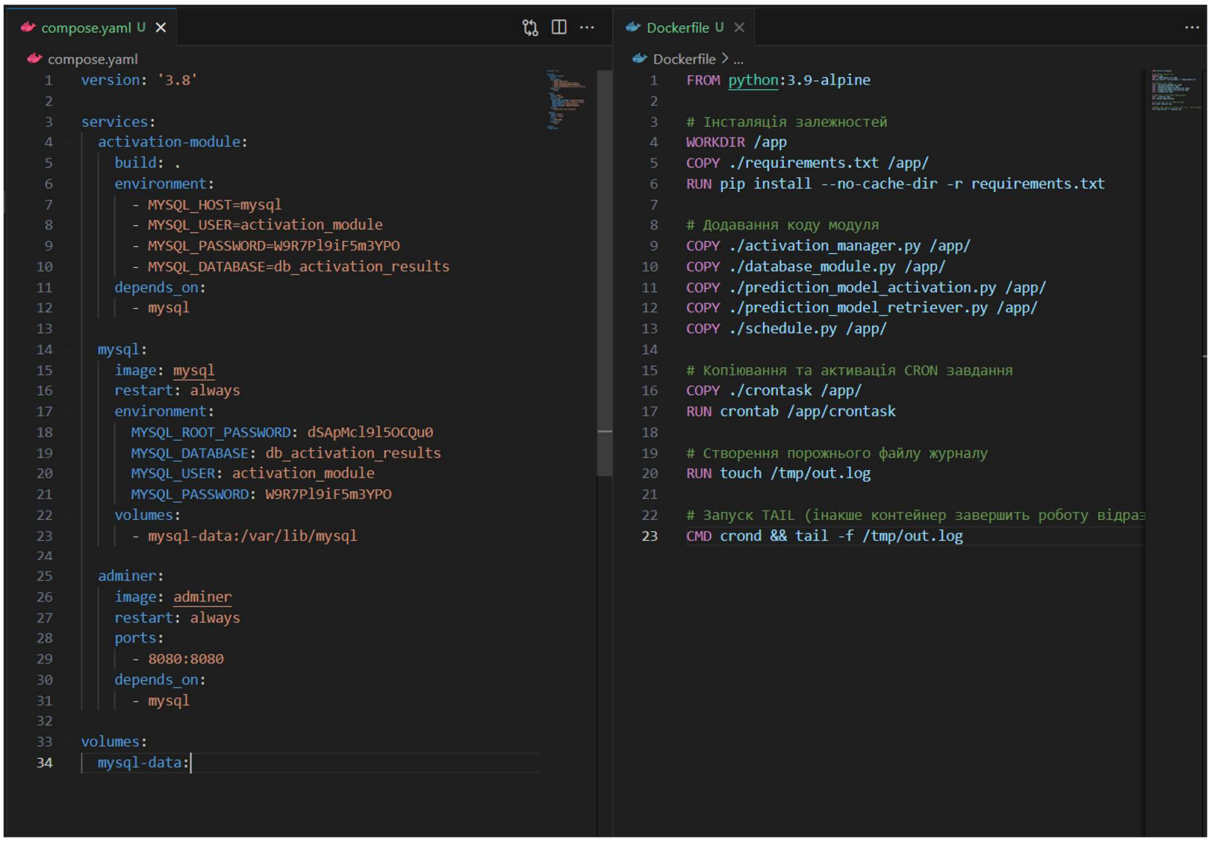

Рисунок 4.3 – Docker-файл модулю активації прогнозних моделей

Джерело: побудовано автором (знімок з екрану)

Важливим аспектом роботи модулю є його інтеграція з іншими ключовими компонентами системи. Модуль активно взаємодіє з репозиторієм моделей, розміщеним на S3, для отримання необхідних моделей прогнозування. Після активації та виконання моделей, результати прогнозування або інформація про помилки записуються у базу даних. Цей процес передбачає отримання моделей з репозиторію, їх запуск, та зберігання результатів або помилок активації, що є ключовим для забезпечення точності та надійності прогнозувань, на рисунку 4.4 представлено частину коду отримання моделей прогнозування з репозиторію.

```python
database_module.py > ...

class DatabaseModule:
    def __init__(self, host, user, password, database):
        """
        Ініціалізує підключення до бази даних MySQL
        :param host: Хост бази даних
        :param user: Користувач бази даних
        :param password: Пароль користувача
        :param database: Назва бази даних
        """
        try:
            self.conn = mysql.connector.connect(
                host=host,
                user=user,
                password=password,
                database=database
            )
            self.cursor = self.conn.cursor()
        except mysql.connector.Error as error:
            print(f"db_disconnected: {error}")

    def get_models(self):
        """
        Отримує список моделей з бази даних
        :return: Список моделей
        """
        try:
            self.cursor.execute("SELECT * FROM models_list")
            return self.cursor.fetchall()
        except mysql.connector.Error as error:
            print(f"db_read_error: {error}")
            return []

    def save_prediction_result(self, modelId, result):
        """
        Записує результат прогнозування або помилку в базу даних
        :param modelId: id моделі прогнозування
```

Рисунок 4.4 – Код отримання моделей прогнозування з репозиторію

Джерело: побудовано автором (знімок з екрану)

Процес активації моделей ініціюється автоматично через налаштовані завдання в Linux Cron, які задають частоту і час запуску модулю. Коли настає визначений час, модуль виконує заплановані дії: від звернення до репозиторію моделей до запису результатів у базу даних. У випадку виявлення помилок під час активації, ці дані також.

4.3 Приклад використання модуля

У цій частині продемонстровано практичне застосування модуля активації, який є важливим компонентом системи управління гібридною енергомережею. Модуль розроблений для автоматичного запуску прогнозних моделей з фіксованими інтервалами часу, що забезпечує регулярне оновлення даних та підтримку ефективного процесу прийняття рішень.

Типовий сценарій використання модуля починається з його автоматичної активації через налаштовані задачі в Linux Cron. При настанні запланованого часу модуль ініціює запит до репозиторію моделей на S3, де відбирає необхідні моделі для виконання. Після запуску цих моделей модуль обробляє отримані результати, які включають прогнозовані дані та можливі показники ефективності для системи управління енергомережею. На рисунку 4.5 зображено логи з консолі Docker при штатній роботі модуля активації.

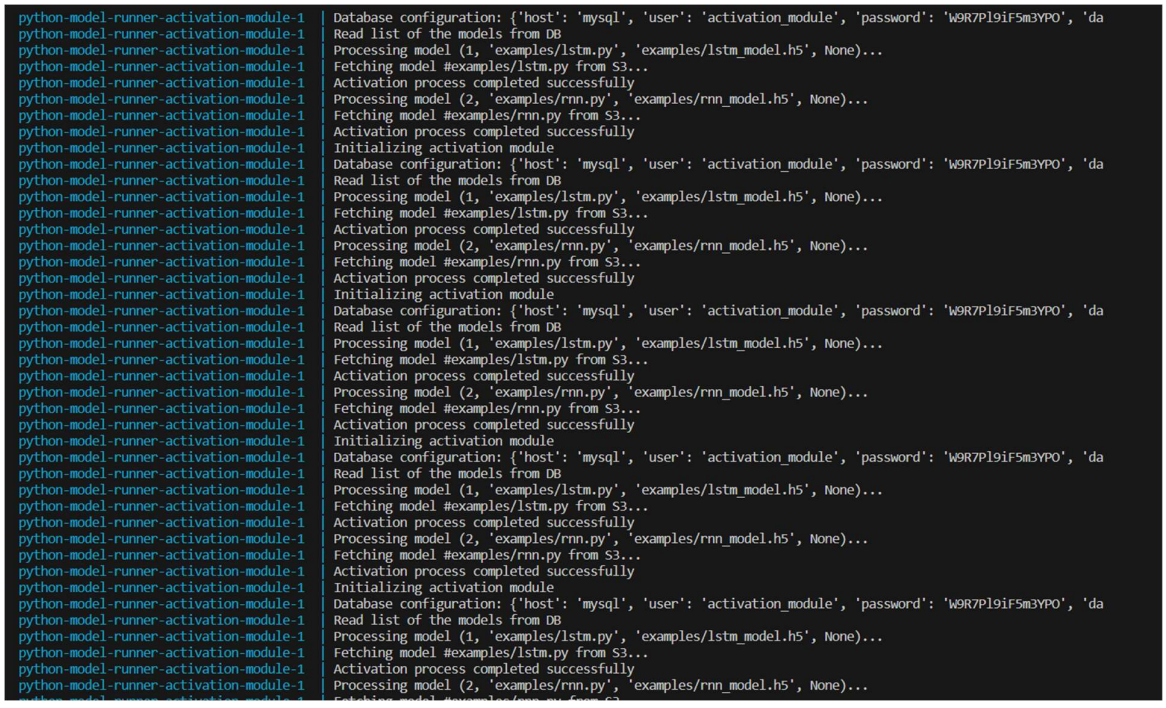

Рисунок 4.5 – Логи штатної роботи модулю активації моделей прогнозування.

Джерело: побудовано автором (знімок з екрану)

Процес активації моделей включає в себе декілька важливих кроків. Починаючи з отримання моделей з репозиторію, модуль виконує запуск цих моделей, обробляє отримані дані та реєструє результати в базі даних. Ця база даних пізніше використовується іншими модулями системи прийняття рішень для аналізу та планування оптимальних стратегій управління енергомережею. У випадку виявлення помилок під час активації, ці помилки також фіксуються для можливого аналізу та оптимізації процесу в майбутньому. Приклад зафіксованих помилок в консолі Docker зображено на рисунку 4.6

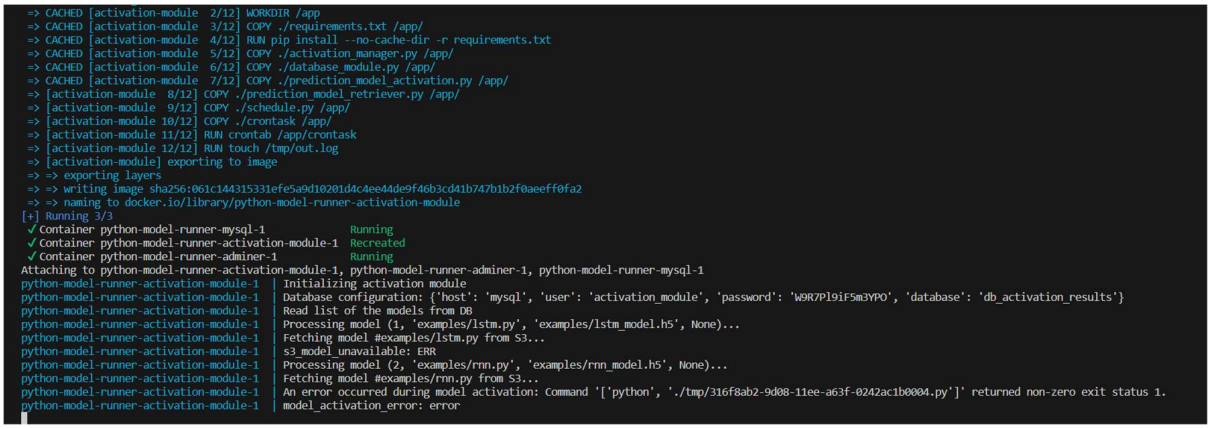

Рисунок 4.6 – Логи помилок, в результаті позаштатних ситуацій

Джерело: побудовано автором (знімок з екрану)

Помилки, що можуть виникнути під час роботи модулю активації наведено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Позаштатні ситуації і помилки, що можуть виникнути при активації моделі

№	Помилка	Рівень	Опис
1	s3_disconnected	Критичний	Не вдалось підключитись до репозиторію моделей прогнозування
2	db_disconnected	Критичний	Не вдалось підключитись до бази даних

Продовження таблиці 4.2 – Позаштатні ситуації і помилки, що можуть виникнути при активації моделі

№	Помилка	Рівень	Опис
3	db_write_error	Критичний	Не вдалось виконати запис в базу даних
4	s3_model_unavailable	Високий	Не вдалось отримати модель прогнозування
5	module_internal	Високий	Внутрішня помилка модуля активації
6	model_activation_error	Нормальний	Модель не змогла виконати прогнозування

Джерело: побудовано автором

Результати, зареєстровані у базі даних, стають основою для наступних модулів системи, які аналізують ці дані та використовують їх для точного та ефективного прийняття рішень щодо управління енергомережею. Таким чином, модуль активації не лише виконує безпосередні задачі прогнозування, але й сприяє оптимізації всієї системи. Рисунок 4.7 зображує стан бази даних, після декількох годин роботи модулю активації.

Вибрати: model_activation_results

Вибрати дані Показати структуру Змінити таблицю Новий запис

Вибрати | Пошук | Сортувати | Обмеження: 50 | Довжина тексту: 100 | Дія: Вибрати

```
SELECT * FROM `model_activation_results` LIMIT 50 (0.000 s) Редагувати
```

Змінити	Id	ModelId	Dataset	Status	LastError	Results
редагувати	1	1	NULL	ERROR	s3_model_unavailable: Unable to locate credentials	NULL
редагувати	2	2	NULL	ERROR	s3_model_unavailable: Unable to locate credentials	NULL
редагувати	3	1	NULL	ERROR	s3_model_unavailable: Unable to locate credentials	NULL
редагувати	4	2	NULL	ERROR	s3_model_unavailable: Unable to locate credentials	NULL
редагувати	5	1	NULL	ERROR	s3_model_unavailable: Unable to locate credentials	NULL
редагувати	6	2	NULL	ERROR	s3_model_unavailable: Unable to locate credentials	NULL
редагувати	11	1	NULL	ERROR	model_activation_error: error	NULL
редагувати	12	2	NULL	ERROR	model_activation_error: error	NULL
редагувати	13	1	NULL	ERROR	model_activation_error: error	NULL
редагувати	14	2	NULL	ERROR	model_activation_error: error	NULL
редагувати	15	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	16	2	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	17	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	18	2	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	19	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	20	2	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	21	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	22	2	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	23	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	24	2	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	25	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	26	2	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	27	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	28	2	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	29	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	30	2	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc
редагувати	31	1	NULL	COMPLETE	NULL	c3RyID0gciIiIuKCrATigKJEICAgICAgIMWSHWtlcmFzLnNyYy5zYXZpbmcuc

Рисунок 4.7 – Данні та логи запуску моделей, згенеровані за допомогою моделей прогнозування, активованих модулем активації прогнозних моделей.

Джерело: побудовано автором (знімок з екрану)

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи магістра була досягнута основна мета – проведення всебічного аналізу, необхідного для розробки програмного модуля активації прогнозних моделей у рамках системи підтримки прийняття рішень в гібридній енергомережі. Аналіз сучасних підходів та існуючих рішень у цій області дозволив визначити ключові напрямки для розробки модуля, акцентуючи увагу на підвищенні його функціональності та ефективності.

В процесі роботи було проведено детальний порівняльний аналіз з аналогічними системами, що дозволило виявити унікальні характеристики та особливості, які були використані для покращення нашого проекту. Важливим етапом було створення концептуальної моделі модуля, включаючи діаграми варіантів використання та контекстні діаграми, які допомогли у візуалізації структури та процесів системи.

На основі зібраних даних була розроблена деталізована структура бази даних, яка сприяє ефективному зберіганню та обробці інформації. Важливою частиною роботи стало планування та реалізація всіх етапів проекту, включаючи ідентифікацію та мінімізацію потенційних ризиків, що дозволило забезпечити високу надійність та стабільність роботи системи.

У практичній частині роботи був успішно реалізований модуль активації, який демонструє високу точність та ефективність у прогнозуванні параметрів енергомережі. Це стало можливим завдяки грамотному використанню сучасних технологій та інноваційних підходів у розробці. Модуль показав свою здатність точно аналізувати великі обсяги даних, надаючи цінну інформацію для оптимізації роботи енергомережі.

Таким чином, реалізація магістерської роботи сприяла досягненню визначеної мети та внесла значний вклад у розвиток систем управління енергомережами, демонструючи ефективність застосування новітніх технологій у цій галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Edmund Widl; Dennis Cronbach; Peter Sorknæs; Jaume Fitó; Daniel Muschick; Maurizio Repetto; Julien Ramousse; Anton Ianakiev Expert survey and classification of tools for modeling and simulating hybrid energy networks. Sustainable Energy, Grids and Networks 2022, 32, 100913 https://doi.org/10.1016/j.segan.2022.100913

2. Miguel Chang; Jakob Zink Thellufsen; Behnam Zakeri; Bryn Pickering; Stefan Pfenninger; Henrik Lund; Poul Alberg Østergaard Trends in tools and approaches for modelling the energy transition. Applied Energy 2021, 290, 116731. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116731

3. Rahman, M.M.; Shakeri, M.; Tiong, S.K.; Khatun, F.; Amin, N.; Pasupuleti, J.; Hasan, M.K. Prospective Methodologies in Hybrid Renewable Energy Systems for Energy Prediction Using Artificial Neural Networks. Sustainability 2021, 13, 2393. https://doi.org/10.3390/su13042393

4. Srikanth Kotra; Mahesh K. Mishra Energy management of hybrid microgrid with hybrid energy storage system. 2015 International Conference on Renewable Energy Research and Applications. http://dx.doi.org/10.1109/ICRERA.2015.7418532

5. Sven Christian Müller; Hanno Georg; James J. Nutaro; Edmund Widl Interfacing Power System and ICT Simulators: Challenges, State-of-the-Art, and Case Studies. IEEE Transactions on Smart Grid, 2018, 9, 1. https://doi.org/10.1109/TSG.2016.2542824

6. OSeMOSYS - Home [Електронний ресурс] // OSeMOSYS. – 2023. – Режим доступу: http://www.osemosys.org/. – OSeMOSYS - Home.

7. Homer Energy. Homer Grid n.d. [Електронний ресурс] // UL, LLC. – 2023. – Режим доступу: https://www.homerenergy.com/products/grid/index.html. – HOMER Grid | Design and Optimization Software for Solar, Energy Storage and Microgrids.

8. PyPSA Website [Електронний ресурс] // PyPSA. – 2023. – Режим доступу: https://pypsa.org/. – PyPSA Website.

9. IDEF0 - Part 1 [Електронний ресурс] // SyQue. – 2018. – Режим доступу: http://syque.com/quality_tools/tools/Tools19.htm. – IDEF0 - Part 1 (understanding it).

10. What is Unified Modeling Language (UML)? [Електронний ресурс] // VisualParadigm. – 2019. – Режим доступу: https://www.visual-paradigm.com/guide/uml-unified-modeling-language/what-is-uml/. – What is Unified Modeling Language (UML)?

11. Shubham Choudhari; Aditya Gupta; Nitin Kamble; CloudThat Security and Privacy of AWS S3. Internation journal of innovative research, 2021, 10, 12. http://dx.doi.org/10.15680/IJIRSET.2021.1012067

12. Henrik Lund a, Poul Alberg Østergaard a, David Connolly b, Brian Vad Mathiesen Smart energy and smart energy systems. Energy, 2017, 137, C. 556-565. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.123

13. COMANDO – component-oriented modeling and optimization for nonlinear design and operation of integrated energy systems [Електронний ресурс] / marco.langiu // GitLab. – 2022. – Режим доступу: https://jugit.fz-juelich.de/iek-10/public/optimization/comando. – IEK-10 / Public / Optimization / COMANDO · GitLab.

14. Adriana Aguilera Gonzalez; Matias Bottarini; Ionel Vechiu; Luc Gautier; Ludovic Ollivier; Loic Larre Model Predictive Control for the Energy Management of A Hybrid PV/Battery /Fuel Cell Power Plant. 2019 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies. https://doi.org/10.1109/SEST.2019.8849051

15. Leon Thurner; Alexander Scheidler; Florian Schäfer; Jan-Hendrik Menke; Julian Dollichon; Friederike Meier; Steffen Meinecke Pandapower—An Open-Source Python Tool for Convenient Modeling, Analysis, and Optimization of Electric Power Systems. IEEE Transactions on Power Systems, 2018, 33, 6. https://doi.org/10.1109/TPWRS.2018.2829021

16. Yingjun Ruan; Gang Wang; Hua Meng; Fanyue Qian A Hybrid Model for Power Consumption Forecasting Using VMD-Based the Long Short-Term Memory

Neural Network. Frontiers in Energy Research, 9, 2021. https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.772508

17. S. Rohjans Mosaik-a modular platform for the evaluation of agent-based smart grid control / S. Rohjans, S. Lehnhoff, S. Schütte, S. Scherfke and S. Hussain // IEEE PES ISGT Europe. – 2013. – C. 1-5.

18. Markus Groissböck Are open source energy system optimization tools mature enough for serious use? Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019, 102, C. 234-248. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.020

19. Wirtz M. EHDO: A free and open-source webtool for designing and optimizing multi-energy systems based on MILP / Wirtz M., Remmen P., Müller D. // Comput Appl Eng Educ. - 2021.

20. Shin H.C. Deep convolutional neural networks for computer-aided detection: CNN architectures, dataset characteristics and transfer learning / Shin H.C., Roth H.R., Gao M., Lu L., Xu Z., Nogues I., Yao J., Mollura D., Summers R.M. // IEEE Trans. Med. Imaging. - 2016. T - 35. - C. 1285–1298.

21. Yanqing Duan; John S. Edwards; Yogesh K Dwivedi Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data–evolution, challenges and research agenda. International Journal of Information Management, 2019, 48, C. 63-71. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021

22. J.F. Torres; A. Galicia; A. Troncoso; F. Martínez-Álvarez A scalable approach based on deep learning for big data time series forecasting. Integrated Computer Aided Engineering, 2018, 25, C. 1-14. http://dx.doi.org/10.3233/ICA-180580

23. M. L. Bynum Pyomo–optimization modeling in python, / M. L. Bynum, G. A. Hackebeil, W. E. Hart, C. D. Laird, B. L. Nicholson, J. D. Siirola // Springer Science & Business Media. - 2021. - T. 67.

24. Docker development best practices [Електронний ресурс] // Docker Inc. – 2023. – Режим доступу: https://docs.docker.com/develop/dev-best-practices/. – Docker development best practices.

25. Mark Howells; Holger Rogner; Neil Strachan; Charles Heaps; Hillard Huntington; Socrates Kypreos; Alison Hughes; Semida Silveira; Joe DeCarolis; Morgan

Bazillian; Alexander Roehrl OSeMOSYS: The Open Source Energy Modeling System: An introduction to its ethos, structure and development. Energy Policy, 2011, 39, 10, C. 5850-5870. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.033

26. Thurner L. Pandapower–an open-source python tool for convenient modeling, analysis, and optimization of electric power systems / Thurner L., Scheidler A. // IEEE Trans. Power Syst. - 2018.

27. Malof J.M. Mapping solar array location, size, and capacity using deep learning and overhead imagery / Malof J.M., Li B., Huang B., Bradbury K., Stretslov A.// arXiv. - 2019.

28. S3 - Boto3 1.33.5 documentation [Електронний ресурс] // Amazon Web Services, Inc. – 2023. – Режим доступу: https://boto3.amazonaws.com/v1/documentation/api/latest/reference/services/s3.html#resources. – S3 - Boto3 1.33.5 documentation.

29. T. Brown, J. Hörsch, D. Schlachtberger, PyPSA: Python for Power System Analysis, J Open Res Softw, 2018

30. Wang, Z.X.; He, L.Y.; Zheng, H.H. Forecasting the residential solar energy consumption of the United States. Energy 2019, 178, 610–623.

31. Choi B. Python Network Automation Labs: cron and SNMPv3. In: Introduction to Python Network Automation. Apress, Berkeley, CA, 2021. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6806-3_15

32. Sarah El Shatby, How to Build a Predictive Model in Python? [Електронний ресурс] / Sarah El Shatby // 365 Data Science. – 2022. – Режим доступу: https://365datascience.com/tutorials/python-tutorials/predictive-model-python/. – How to Build a Predictive Model in Python? | 365 Data Science.

33. Hyder G. Lakhani та Balu Bumb, Forecasting demand for electricity in Maryland: an econometric approach, Technological Forecasting and Social Change, № 11(3), pp. P. 237-259, 1978.

34. Н. В. Касьянова та Ю. О. Левшова, Комплексна модель оцінки енергоспоживання в геріоні, Научний вестник ДГМА, т. 2, № 14Е, pp. С. 164-171, 2014.

35. Xiao-Chen Yuan, Xun Sun, Weigang Zhao, Zhifu Mi, Bing Wang та Yi-Ming Wei, Forecasting China’s regional energy demand by 2030: A Bayesian approach, Resources, Conservation & Recycling, № 127, pp. P. 85-95, 2017.

36. Geng Wu, Yi-Chung Hu, Yu-Jing Chiu та Shu-Ju Tsao, A new multivariate grey prediction model for forecasting China’s regional energy consumption, Environment, Development and Sustainability, 2022.

37. М. М. Кулик, Н. Ю. Майстрекно та О. Є. Маляренко, Двоетапний метод прогнозування перспективного попиту на енергетичні ресурси, Енерготехнології та ресурсозбереження, № №5-6, pp. С.25-33, 2015

38. О. Є. Маляренко та Н. Ю. Майстренко, Прогнозування рівнів споживання паливно-енергетичних ресурсів з урахуванням потенціалу енергозбереження при структурних змінах в економіці, Проблеми загальної енергетики, т. 2, № 41, pp. С.5-22, 2015.

39. Н. Ю. Майстренко, Удосконалена чотирьохрівнева методика прогнозування рівнів енергоспоживання з урахуванням структурних зрушень в економіці, Проблеми загальної енергетики, т. 3, № 50, pp. С. 15-22, 2017.

40. М. М. Кулик, О. Є. Маляренко, Н. Ю. Майстрекно, В. В. Станиціна та Г. О. Куц, Енергоефективність та прогнозування енергоспоживання на різних ієрархічних рівнях економіки: методологія, прогнозні оцінки до 2040 року, Київ: Наукова думка, 2021, p. С. 234.

41. М. М. Кулик, Методи узгодження прогнозних рішень, Проблеми загальної енергетики, т. 2, № 37, pp. С. 5-12, 2014

42. О. Є. Маляренко та Г. О. Куц, Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції "Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті", в Методичний підхід до визначення прогнозних рівнів попиту на теплову енергію з урахуванням потенціалу теплозбереження., Київ, 27-29 вересня 2017 р.

43. Г. О. Куц, О. Є. Маляренко, В. В. Станиціна та О. Ю. Богославська, Оцінка стану та прогноз споживання палива та енергії для систем

теплопостачання України з урахуванням регіональних особливостей, Проблеми загальної енергетики., т. 4, № 51, pp. С. 23-32, 2017.

44. К. О. Братковська, Щодо енергетичної моделі сталого споживання теплової енергії, Ефективна економіка, № №11, 2015.

45. Saloux E. та Candanedo J. A., Forecasting District Heating Demand using Machine Learning Algorithms, Energy Procedia, № Volume 149, pp. 59-68, 2018.

46. Idowu S., Saguna S., Åhlund Ch. та Schelén O., Applied machine learning: Forecasting heat load in district heating system, Energy and Buildings, № Volume 133, pp. 478-488, 1 December 2016.

47. Shubham Choudhari; Aditya Gupta; Nitin Kamble; CloudThat Security and Privacy of AWS S3. Internation journal of innovative research, 2021, 10, 12. http://dx.doi.org/10.15680/IJIRSET.2021.1012067

48. S3 - Boto3 1.33.5 documentation [Електронний ресурс] // Amazon Web Services, Inc. – 2023. – Режим доступу: https://boto3.amazonaws.com/v1/documentation/api/latest/reference/services/s3.html#resources. – S3 - Boto3 1.33.5 documentation.

ДОДАТОК А

ПЛАНУВАННЯ РОБІТ
для розробки кваліфікаційної роботи магістра
«Програмний модуль активації прогнозних моделей системи підтримки прийняття рішень при управлінні гібридною енергомережею»

А.1 ІДЕНТИФІКАЦІЯ МЕТИ ІТ-ПРОЕКТУ

У рамках розробки програмного модуля для активації прогнозних моделей в системі управління гібридною енергомережею, SMART-методологія дає можливість чітко визначити та структурувати цілі проекту. Розшифровка термінів SMART допомагає нам зосередитися на ключових аспектах мети проекту: вона має бути конкретною (Specific), вимірюваною (Measurable), досяжною (Achievable), реалістичною (Relevant) та обмеженою в часі (Time-framed).

- **S**: Мета проекту полягає у розробці програмного модуля, який забезпечуватиме автоматизовану активацію прогнозних моделей для управління гібридною енергомережею. Цей модуль включатиме функціонал для вибору, активації та моніторингу різних прогнозних моделей, що сприятиме оптимізації управління енергією.
- **M**: Ефективність модуля можна вимірювати через точність прогнозів, які він генерує, та вплив цих прогнозів на оптимізацію роботи енергомережі. Критерії оцінки ефективності включають зниження помилок у прогнозах, покращення балансування навантаження та ефективність відповіді на зміни у мережі.
- **A**: В наявності є всі необхідні технології та ресурси для розробки цього модуля, включаючи доступ до хмарних сервісів для зберігання моделей та інструментів для їх обробки та аналізу.
- **R**: Проект відповідає поточним тенденціям в сфері управління енергетичними системами та відображає актуальні потреби галузі. Команда розробників має відповідні знання та досвід для виконання цього проекту.
- **T**: Проект має чітко визначені терміни виконання, які відповідають плановому графіку розробки та впровадження модуля в систему управління гібридною енергомережею.

Таблиця А.1 – Деталізація мети методом SMART

Категорія SMART	Опис
Specific (конкретна)	Розробка модуля для автоматизації активації прогнозних моделей в енергомережі.
Measurable (вимірювана)	Оцінка ефективності модуля за точністю прогнозів та впливом на оптимізацію енергомережі.
Achievable (досяжна)	Доступ до необхідних технологій та ресурсів.
Relevant (реалістична)	Проект відповідає актуальним потребам галузі, команда має відповідні компетенції.
Time-framed (обмежена у часі)	Чітко визначені терміни для розробки та впровадження модуля.

Джерело: побудовано автором

А.2 ПЛАНУВАННЯ ЗМІСТУ СТРУКТУРИ РОБІТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

У контексті розробки програмного модуля для активації прогнозних моделей в системі управління гібридною енергомережею, структура робіт (Work Breakdown Structure, WBS) є ключовою для організації та планування проекту. WBS допомагає визначити ієрархію та залежності між різними етапами робіт, що сприяє чіткому розумінню обсягу та змісту проекту.

WBS організовує та визначає весь зміст проекту. На верхньому рівні WBS розташовується кінцевий продукт – програмний модуль. Кожен наступний рівень деталізує конкретні завдання та етапи, необхідні для досягнення цієї мети. Це дозволяє визначити, які саме роботи є частиною проекту та які – ні.

Формування технічного завдання: Включає визначення функціональних та технічних вимог до модуля, вибір технологій та платформ для розробки. Також тут відбувається визначення цілей та можливостей проекту.

Планування проекту: Розробка OBS (Organizational Breakdown Structure) та матриці відповідальності, планування ресурсів, оцінка ризиків, розробка календарного плану включаючи діаграму Ганта.

Реалізація проекту: Поділяється на кілька основних етапів, включаючи проектування модуля, розробку, тестування та оптимізацію. Ключова увага приділяється якості та ефективності роботи модуля.

Впровадження та закриття проекту: Включає фінальне тестування, виправлення помилок, підготовку документації та передачу модуля в експлуатацію.

Діаграми WBS та OBS:

- Діаграма WBS: На рисунку А.1 наведено діаграму WBS, яка ілюструє ієрархічну структуру робіт в проекті.

- Діаграма OBS: На рисунку А.2 представлено OBS, що демонструє організаційну структуру проекту та розподіл відповідальності між учасниками.

Цей підхід до планування змісту структури робіт забезпечує чітке розуміння та ефективне управління проектом, від початкових етапів формування технічного завдання до фінального етапу впровадження та закриття проекту.

Рисунок А.1 – Структура WBS

Джерело: побудовано автором

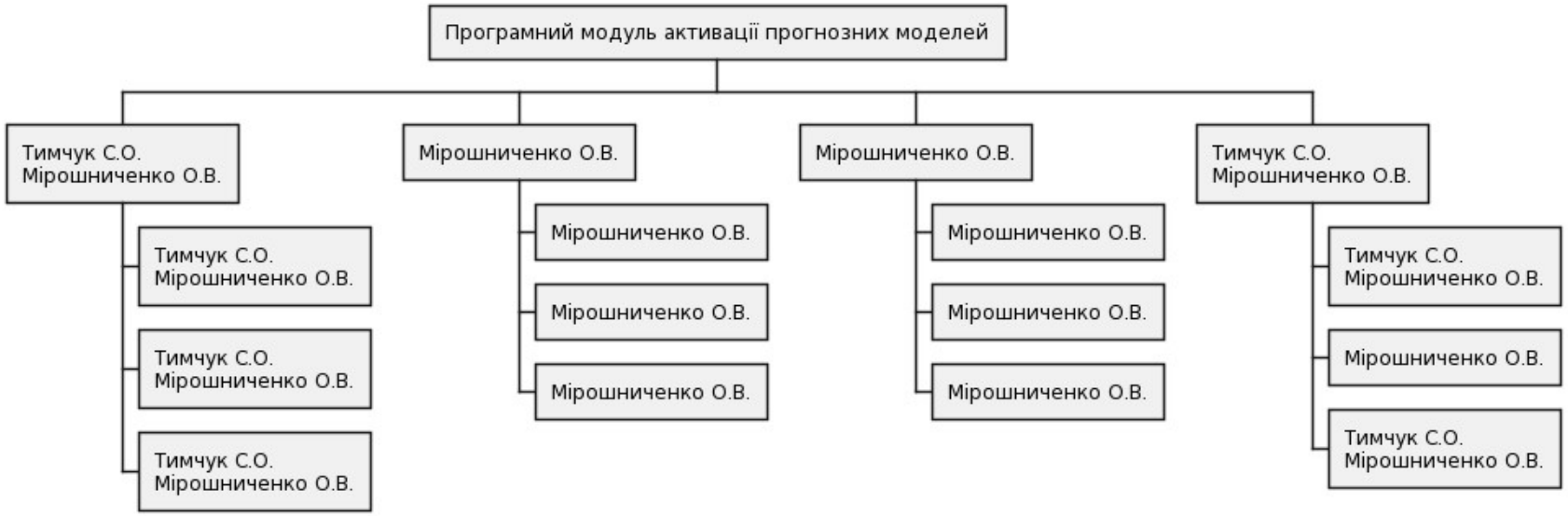

Рисунок А.2 – Структура OBS

Джерело: побудовано автором

А.3 ПОБУДОВА КАЛЕНДАРНОГО ГРАФІКУ ВИКОНАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Для того, щоб мати реальне уявлення про тривалість виконання робіт з урахуванням обмеженості у використанні ресурсів, на підставі часткової мережевої моделі будують календарний графік робіт.

Діаграма Ганта – горизонтальна лінійна діаграма, на якій задачі проекту представляються протяжними в часі відрізками, що характеризуються датами початку та закінчення, затримками і, можливо, іншими тимчасовими параметрами.

Кожен відрізок відповідає окремому завданню або підзадачі. Завдання і підзадачі, складові плану, розміщуються по вертикалі. Початок, кінець і довжина відрізка на шкалі часу відповідають початку, кінцю і тривалості завдання. На деяких діаграмах Ганта також показується залежність між завданнями.

На наступному рисунку представлено діаграму Ганта розроблюваного проекту. На рисунку А.3 представлено побудовану діаграму Ганта.

Етап проекту	Початок	Тривалість (дні)
Формування технічного завдання	2023-10-13	5
Аналіз ринку	2023-10-18	2
Розробка функціональних вимог	2023-10-20	8
Проектування архітектури модуля	2023-10-28	15
Розробка бази даних	2023-11-12	10
Інтеграція модуля	2023-11-22	8
Тестування модуля	2023-11-30	7
Розгортання модуля	2023-12-07	2
Технічна документація	2023-12-09	4
Завершення та аналіз проекту	2023-12-13	2

Рисунок А.3 – Діаграма Ганта

Джерело: побудовано автором

А.4 ПЛАНУВАННЯ РИЗИКІВ ПРОЕКТУ

Управління ризиками є критично важливим елементом у розробці програмного модуля для активації прогнозних моделей в системі управління гібридною енергомережею. Цей процес включає ідентифікацію потенційних ризиків, оцінку їх впливу на проект, розробку стратегій реагування та постійний моніторинг.

Процес управління ризиками включає:

- **Ідентифікація ризиків**: Виявлення потенційних загроз проекту, включаючи технічні, економічні, юридичні та екологічні ризики.
- **Оцінювання ризиків**: Використання методу експертних оцінок для визначення ймовірності та впливу кожного ризику.
- **Планування реагування на ризики**: Розробка заходів щодо попередження ризиків або мінімізації їх наслідків.
- **Моніторинг ризиків**: Постійне відстеження ідентифікованих ризиків та ефективності заходів реагування.

Таблиця А.2 – Ймовірність втрат

Ймовірність виникнення	Величина втрат
Слабоймовірно	Мінімальна
Малоймовірно	Низька
Ймовірно	Середня
Вельми ймовірно	Висока
Майже можливо	Максимальна

Джерело: побудовано автором

Таблиця А.3 – Класифікація за ступенем впливу та за рівнем ризику

Ризик	Ступінь впливу	Рівень ризику
Кібератаки	4	Ігноровані
Пошкодження даних	4	Ігноровані
Серверні проблеми	3	Ігноровані
Вихід з ладу обладнання	6	Незначні

Джерело: побудовано автором

План по усуненню ризиків:

- Підвищення безпеки системи: Впровадження сучасних технологій захисту даних та регулярний аудит безпеки.
- Резервне зберігання даних: Створення надійної системи резервного копіювання та відновлення даних.
- Оновлення та підтримка системи: Забезпечення своєчасного оновлення програмного забезпечення та апаратної частини.
- Забезпечення контингентності: Розробка плану дій на випадок виходу з ладу ключового обладнання, щоб забезпечити неперервність робіт над проектом.

Ці таблиці та плани дій допомагають команді проектів передбачати можливі проблеми та запобігати їх виникненню, що забезпечує стабільність проекту.

ДОДАТОК Б

Б.1 Лістинг прогнрамного коду

Лістинг файлу «activation_manager.py»

```
# Імпорт необхідних модулів
from prediction_model_retriever import PredictionModelRetriever
from prediction_model_activation import PredictionModelActivation
from database_module import DatabaseModule

class ActivationProcessManager:
    def __init__(self, s3_bucket_name, db_config):
        self.model_retriever = PredictionModelRetriever(s3_bucket_name)
        self.model_activator = PredictionModelActivation()
        self.db_module = DatabaseModule(**db_config)

    def manage_activation_process(self):
        # Отримати моделі прогнозування
        print("Read list of the models from DB")
        models = self.db_module.get_models()

        for model in models:
            self.manage_model(model)

    def manage_model(self, model):
        # Отримання моделі прогнозування з репозиторія моделей
        print(f"Processing model {model}...")
        model_link, error = self.model_retriever.retrieve_model(model[1])
        if error != None:
            errorStr = f"s3_model_unavailable: {error}"
            print(errorStr)
```

```
            self.db_module.save_error(model[0], errorStr)
            return

        # Активація моделі прогнозування
        result, error = self.model_activator.activate_model(model_link)
        if error != None:
            errorStr = f"model_activation_error: {error}"
            print(errorStr)
            self.db_module.save_error(model[0], errorStr)
            return

        # Збереження результату в базу даних
        self.db_module.save_prediction_result(model[0], result)
        print("Activation process completed successfully")
```

Лістинг файлу «database_module.py»

```
# database_module.py

import mysql.connector

class DatabaseModule:
    def __init__(self, host, user, password, database):
        """
        Ініціалізує підключення до бази даних MySQL
        :param host: Хост бази даних
        :param user: Користувач бази даних
        :param password: Пароль користувача
        :param database: Назва бази даних
```

```
    """
    try:
        self.conn = mysql.connector.connect(
            host=host,
            user=user,
            password=password,
            database=database
        )
        self.cursor = self.conn.cursor()
    except mysql.connector.Error as error:
        print(f"db_disconnected: {error}")

def get_models(self):
    """
    Отримує список моделей з бази даних
    :return: Список моделей
    """
    try:
        self.cursor.execute("SELECT * FROM models_list")
        return self.cursor.fetchall()
    except mysql.connector.Error as error:
        print(f"db_read_error: {error}")
        return []

def save_prediction_result(self, modelId, result):
    """
    Записує результат прогнозування або помилку в базу даних
    :param modelId: id моделі прогнозування
    :param result: результат прогнозування
    """
```

```
        try:
                self.cursor.execute('INSERT INTO model_activation_results
(ModelId, Results, Status) VALUES (%s, %s, "COMPLETE")',
                        (modelId, result))
            self.conn.commit()
        except mysql.connector.Error as error:
            print(f"db_write_error {error}")

    def save_error(self, modelId, error):
        """
        Записує результат прогнозування або помилку в базу даних
        :param modelId: id моделі прогнозування
        :param error: помилка
        """
        try:
                self.cursor.execute('INSERT INTO model_activation_results
(ModelId, LastError, Status) VALUES (%s, %s, "ERROR")',
                        (modelId, error))
            self.conn.commit()
        except mysql.connector.Error as error:
            print(f"db_write_error {error}")

    def __del__(self):
        """
        Закриває підключення до бази даних при видаленні об'єкта
        """
        self.conn.close()
```

Лістинг файлу «prediction_model_activation.py»

```
# prediction_model_activation.py
```

```
import subprocess

class PredictionModelActivation:
    def __init__(self):
        # Ініціалізація модуля активації
        pass

    def activate_model(self, model_link):
        """
        Активує модель прогнозування
            :param model_link: лінк на модель прогнозування в файловій системі
        :return: результат виконання моделі або помилку
        """
        try:
            return subprocess.check_output(['python', model_link]), None
        except Exception as e:
            print(f"An error occurred during model activation: {e}")
            return None, "error"
```

Лістинг файлу «Dockerfile»

```
FROM python:3.9-alpine

# Інсталяція залежностей
WORKDIR /app
COPY ./requirements.txt /app/
RUN pip install --no-cache-dir -r requirements.txt

# Додавання коду модуля
```

```
COPY ./activation_manager.py /app/
COPY ./database_module.py /app/
COPY ./prediction_model_activation.py /app/
COPY ./prediction_model_retriever.py /app/
COPY ./schedule.py /app/

# Копіювання та активація CRON завдання
COPY ./crontask /app/
RUN crontab /app/crontask

# Створення порожнього файлу журналу
RUN touch /tmp/out.log

# Запуск TAIL (інакше контейнер завершить роботу відразу після запуску)
CMD crond && tail -f /tmp/out.log
```