

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет цифрових технологій та автоматизації виробництва
Кафедра цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Павло САГАЙДА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерні науки та цифровий інтелект»
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

**на тему «Дослідження методів, моделей та інформаційних
технологій використання нейронних мереж в підвищенні
продуктивності рудозбагачувальних фабрик»**

Керівник роботи

Олександр КОСТІКОВ

Консультант від
бази практики

Андрій ПОЛІЩУК

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

Здобувач

Андрій КОНИК

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Олена ПАВЛЕНКО

КРИВИЙ РІГ 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра	цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
ОПП	Комп'ютерні науки та цифровий інтелект

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Павло САГАЙДА

«06» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Коника Андрія Богдановича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій використання нейронних мереж в підвищенні продуктивності рудозбагачувальних фабрик

керівник роботи Костіков Олександр Анатолійович, доцент, канд. техн. наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 10.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматизації обробки й аналізу даних та методів цифрового інтелекту, літературні джерела, результати власних експериментів та досліджень, технологічні інструкції тощо

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Реферат. Зміст. Вступ. 1. Аналіз систем управління процесами дроблення руди. 2. Розробка математичної моделі для вдосконалення існуючих автоматизованих систем управління технологічним процесом дроблення руди на основі нейронних мереж. 3. Розробка програмно-технологічного комплексу з використанням нейронних мереж в системах АСУТП для забезпечення підвищення продуктивності рудозбагачувальних фабрик. 4. Проведення та аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень системи керування технологічним процесом на основі нейронної мережі. 5. Економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Актуальність, мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження; розроблені або удосконалені математичні моделі, методика дослідження; діаграми проекту програмно-методичного комплексу в нотації UML (діаграми прецедентів, класів, послідовностей, діяльності); результати розробки та експериментальних

досліджень; результати економічних розрахунків; висновки до роботи; публікація результатів дослідження.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Костіков О.А., доц. каф. ЦТПАР
2	Костіков О.А., доц. каф. ЦТПАР
3	Костіков О.А., доц. каф. ЦТПАР
4	Костіков О.А., доц. каф. ЦТПАР
5	Гетьман І.А., доц. каф. ЦТПАР

7. Дата видачі завдання 06.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Аналіз систем управління процесами дроблення руди.	25.12.2023 - 30.12.2023
2	Розділ 2. Розробка математичної моделі для вдосконалення існуючих автоматизованих систем управління технологічним процесом дроблення руди на основі нейронних мереж	25.12.2023 - 30.12.2023
3	Розділ 3. Розробка програмно-технологічного комплексу з використанням нейронних мереж в системах АСУТП для забезпечення підвищення продуктивності рудозбагачувальних фабрик.	25.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Проведення та аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень системи керування технологічним процесом на основі нейронної мережі	03.01.2024 - 07.01.2024
5	Розділ 5. Економічні розрахунки	03.01.2024 - 07.01.2024
6	Висновки, перелік використаних джерел, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
7	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	17.01.2024 – 19.01.2024
9	Рецензування завершеної роботи. Захист	19.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

(Андрій КОНИК)

Керівник роботи

(Олександр КОСТИКОВ)

Реферат

В магістерській роботі розглянуті основні рішення актуальної проблеми підвищення продуктивності технологічних секцій по руді за допомогою нейронних мереж.

Пояснювальна записка: 112 с., 5 рис., 14 додатків, 30 джерел.

Об'єкт дослідження: технологічний процес подрібнення руди у барабанних млинах та збагачувальні процеси технологічних секцій на гірничо-збагачувальних комбінатах.

Предмет дослідження: методи управління технологічним процесом подрібнення руди та збагачувальні процеси у технологічних секціях гірничозбагачувальних комбінатів.

Наукова новизна результатів, полягає у вдосконаленні існуючих автоматизованих систем управління технологічним процесом збагачування, з додаванням контурів нейронних мереж.

Практичне значення: полягає в розробці рішень щодо застосування нейронних мереж в існуючих контурах АСУТП рудозбагачувальних секцій, які можуть бути використані на гірничо-збагачувальних підприємствах з метою підвищення продуктивності основного обладнання та зниження собівартості готової продукції.

Публікації: Міжнародна науково-технічна конференція «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти», 29 - 30 листопада 2023 року в ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

Список ключових слів: АСУ, АСУТП, ЗГОРТКОВА НЕЙРОННА МЕРЕЖА, БАРАБАННИЙ МЛИН, МОДЕЛЬ, АЛГОРИТМ, ПОДРІБНЕННЯ РУДИ.

ABSTRACT

In the master's work, the main solutions to the current problem of increasing the productivity of technological sections for ore with the help of neural networks are considered.

Explanatory note: 112 p., 5 figures, 14 appendices, 30 sources.

The object of research: the technological process of grinding ore in drum mills and beneficiation processes of technological sections at mining and beneficiation plants.

The subject of research: methods of managing the technological process of ore grinding and beneficiation processes in the technological sections of mining and beneficiation plants.

The scientific novelty of the results consists in the improvement of the existing automated control systems for the technological process of enrichment, with the addition of neural network circuits.

Practical significance: it consists in the development of solutions for the application of neural networks in the existing circuits of the ACS of ore beneficiation sections, which can be used at mining and beneficiation enterprises in order to increase the productivity of the main equipment and reduce the cost of finished products.

Publications: International scientific and technical conference "MININGMETALTECH 2023 - Mining and metallurgical complex: integration of business, technology and education", November 29 - 30, 2023 at "METINVEST POLYTECHNIC TECHNICAL UNIVERSITY" LLC.

List of keywords: ASU, ASUTP, CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK, DRUM MILL, MODEL, ALGORITHM, ORE CRUSHING

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСУ – автоматизована система управління

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

ГЗК – гірничо-збагачувальний комбінат

РЗФ – рудо-збагачувальна фабрика

МБ – млин барабанний

ММС – млин мокрого самоздрібнювання

КСН – класифікатор спіральний з непогруженою спіраллю

СКЗ – система комп'ютерного зору

САК – система автоматичного керування

ПЗ – програмне забезпечення

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДРОБЛЕННЯ РУДИ.....	12
1.1 Аналіз систем керування процесами подрібнення руди в барабанних млинах.....	12
1.1.1 Технології дроблення і подрібнення руди в дробарках і барабанних млинах.....	12
1.1.2 Аналіз існуючих автоматизованих систем управління технологічним процесом а також систем контролю процесами дроблення і подрібнення руди	16
1.2 Аналіз сучасних методів, моделей та інформаційних технологій в автоматизованих системах управління переробки руди та виробництва залізородного концентрату.....	23
1.2.1 Аналіз існуючих систем АСУТП рудозбагачувальних фабрик.....	23
1.2.2 Аналіз математичних моделей в системах управління технологічним процесом секцій рудозбагачувальних фабрик	30
1.2.3 Аналіз інформаційних моделей і технологій системах управління технологічним процесом секцій рудозбагачувальних фабрик.....	31
1.3 Висновки за розділом.....	32
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПОДРІБНЕННЯ РУДИ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	Помилка! Закладку не визначено.
2.1 Розробка структури інформаційної системи АСУТП з використанням нейронних мереж.....	Помилка! Закладку не визначено.
2.2 Математична модель об'єкта (Об'єктне моделювання підсистем як елемент керування АСУТП з використанням нейронних мереж)	Помилка! Закладку не визначено.
2.3 Висновки за розділом.....	Помилка! Закладку не визначено.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В СИСТЕМАХ АСУТП ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РУДОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ФАБРИК.....**Помилка! Закладку не визначено.**

3.1 Розробка логічної моделі ПМК для моделювання. Розробка архітектури веб-сервісу на Docker**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2 Поетапний процес розробки архітектури веб-сервісу на основі технології Docker.....**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2.1 Створення базового конфігурування NGINX як перетворювача для перенаправлення трафіку до відповідних контейнерів..**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2.2 Розробка Веб-додатку (додаткові контейнери): Створення контейнерів веб-додатку з використанням фреймворку Django. А також налаштування, щоб додатки слухали відповідні порти**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2.3 Створення бази даних MySQL, для зберігання бази даних поза контейнером з метою забезпечення стійкості даних.....**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2.4 Створення Docker Compose для визначення та конфігурування всіх контейнерів у сервісі.....**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2.5 Моніторинг і журналювання процесів**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2.6 Налаштування мережі**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2.7 Керування конфігурацією**Помилка! Закладку не визначено.**

3.3 Висновки за розділом.....**Помилка! Закладку не визначено.**

РОЗДІЛ 4. ПРОВЕДЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**Помилка! Закладку не визначено.**

4.1 Опис перебігу та результати досліджень стосовно індивідуального завдання, приклади розрахунків**Помилка! Закладку не визначено.**

4.2 Рекомендації щодо використання результатів досліджень та застосування ПТК.....**Помилка! Закладку не визначено.**

4.3 Висновки за розділом.....**Помилка! Закладку не визначено.**

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ 74

5.1 Визначення трудомісткості розробки програмного забезпечення..74

5.2 Порівняння розрахунків трудомісткості проекту	78
5.3 Загальна оцінка витрат на створення програмного забезпечення та тривалість його розробки	80
5.4 Маркетингові дослідження ринку збуту розробленого програмного продукту	81
5.4 Оцінка економічної ефективності впровадження програмного забезпечення	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	86
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
ДОДАТОК А. ВІДОМОСТІ РОБОТИ	93
ДОДАТОК Б. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА СТВОРЕННЯ ПТК	95
ДОДАТОК В. МОДЕЛЬ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ (CNN) ДЛЯ ОБРОБКИ ФОТОГРАФІЙ ШМАТКІВ РУДИ КОНВЕЄРНОЇ СТРИЧКИ НАПИСАНОЇ НА МОВІ PYTHON	98
ДОДАТОК Г. ПРОГРАМА НА МОВІ PYTHON ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ПІДГОТОВКИ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ БІБЛІОТЕКИ TENSORFLOW.KERAS.PREPROCESSING.IMAGE	100
ДОДАТОК Е. КОД МОВІ PYTHON СТВОРЕННЯ ФАЙЛУ КОНФІГУРАЦІЇ ДЛЯ NGINX.....	102
ДОДАТОК Є. КОД МОВІ PYTHON ДЛЯ СТВОРЕННЯ DOCKERFILE ДЛЯ КОНФІГУРАЦІЇ КОНТЕЙНЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ ФРЕЙМВОРКУ DJANGO	103
ДОДАТОК Ж. КОД НА МОВІ PYTHON ДЛЯ СТВОРЕННЯ DOCKERFILE ДЛЯ MYSQL	104
ДОДАТОК З. КОД НА МОВІ PYTHON СТВОРЕННЯ DOCKER COMPOSE ДЛЯ ОПИСУ ТА КОНФІГУРАЦІЇ КОНТЕЙНЕРІВ У СЕРВІСІ, ЯКИЙ ВКЛЮЧАЄ В СЕБЕ ВЕБ-ДОДАТОК DJANGO, БАЗУ ДАНИХ MYSQL ТА ОБЕРТАЧ (REVERSE PROXY) NGINX.....	105
ДОДАТОК И. КОД НА МОВІ PYTHON СТВОРЕННЯ КОНТЕЙНЕРУ DOCKER-COMPOSE.YML ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ PROMETHEUS ТА GRAFANA	1046
ДОДАТОК І. КОД ПРОГРАМИ НА МОВІ PYTHON ДЛЯ СТВОРЕННЯ ФАЙЛІВ КОНФІГУРАЦІЇ ДЛЯ PROMETHEUS ТА GRAFANA.....	1068
ДОДАТОК К. КОД ПРОГРАМИ НА МОВІ PYTHON ДЛЯ НАЛАШТУВАННЯ МЕРЕЖІ.....	1071

ДОДАТОК М. КОД ПРОГРАМИ НА МОВІ PYTHON ДЛЯ СТВОРЕННЯ
КОНТЕЙНЕРУ DEPLOYMENT, ЯКИЙ ВИКОРИСТОВУЄ CONFIGMAP.. 110

ВСТУП

Основні мети розвитку гірничо-металургійного комплексу включають в себе створення нових технологій з високим рівнем науковості та покращення управління цим комплексом. Однією з ключових проблем є необхідність вдосконалення автоматизації і комп'ютеризації, оскільки продуктивність наших гірничорудних підприємств відстає від світового рівня. Технологічні процеси рудопідготовки (наприклад, дроблення і здрібнювання) формують значну частину витрат, і зниження їх вимагає ефективних систем автоматизованого керування.

Управління цими процесами складне через їх динамічність, нестабільні параметри та чутливість до якості вихідної сировини. Існуючі системи керування не завжди ефективно працюють у змінних умовах, що створює відмінність між складністю технологій та методами управління ними.

Різноманіття технологічних схем і їх складність вимагають універсальних та результативних принципів управління, які можна реалізувати через оптимальне керування за допомогою аналітичного конструювання регуляторів. Проте практичне застосування таких підходів може викликати певні складнощі.

Ефективне керування потребує точних прогнозів інформації та засобів оцінювання, для чого використання інтелектуальних підходів, таких як нейронні мережі чи системи нечіткої логіки, є перспективним напрямком. Додатково, для успішного керування нестабільними умовами потрібні адаптивні системи, які можуть працювати при змінних умовах.

Отже, важливим є обґрунтування принципів і розробка засобів для автоматизованих систем оптимального керування процесами дроблення

та здрібнювання руд, що підвищить ефективність управління цими процесами в умовах змінних режимів обладнання та навколишнього середовища.

Мета дослідження. Метою дослідження магістерської роботи є розв'язання актуальної проблеми підвищення продуктивності технологічних секцій по руді за допомогою нейронних мереж в умовах змінних параметрів і режимів роботи, а також відхилень у середовищі. Це досягається шляхом розробки та впровадження оптимальних управлінських рішень у роботі автоматизованих систем контролю, базованого на прогнозуванні та ідентифікації стану керованих процесів з урахуванням основних збурень.

Об'єкт дослідження – керування технологічним процесом подрібнення руди у барабанних млинах на гірничо-збагачувальних комбінатах.

Предмет дослідження – методи управління технологічним процесом подрібнення руди та збагачувальні процеси у технологічних секціях гірничозбагачувальних секцій

Предмет і задачі роботи – принципи та методи розробки автоматизованих систем оптимального управління процесами подрібнення руди в барабанних млинах, а також засоби їх реалізації. У цьому дослідженні використовуються методи автоматизованого керування технологічним процесом подрібнення руди, а також розробка методів контролю крупності вхідної руди барабанних млинів, а також густини вихідного потоку з млина.

Ідея роботи полягає в поліпшенні автоматизованої системи управлінням технологічного процесу, яка контролює процес подрібнення руди у барабанних млинах за рахунок добавлення додаткових систем з використанням нейронних мереж в діючі системи АСУТП.

Методи дослідження. Для вирішення поставленої задачі були використані наукові досягнення у розробці інформаційних систем, адаптивних алгоритмів і програмного забезпечення.

Зв'язок роботи з інвестиційними програмами підприємств, планами науково-дослідних робіт.

Результати даної дипломної роботи мають значний потенціал для практичного впровадження на гірничо-збагачувальних фабриках з метою оперативного управління продуктивністю в автоматизованій системі управління (АСУ) процесом подрібнення руди в барабанних млинах (БМ).

Особливий внесок магістра включає в себе наступні ключові елементи:

1. Вибір методів досліджень і технології реалізації:

В дипломній роботі досліджені та обрані ефективні методи використання нейронних мереж у контурі АСУ для оптимального управління процесом подрібнення руди. Це включає аналіз різних архітектур нейронних мереж, їхню конфігурацію та параметризацію для оптимальної продуктивності.

2. Створення інтерфейсу автоматизованої системи управління:

Робота включає в себе розробку інтерфейсу для АСУ на основі технології Docker, який реалізує механізми оптимального управління. Це може включати в себе інтерактивний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для операторів, який дозволяє здійснювати контроль та втручання в процес подрібнення руди з використанням нейронних мереж.

3. Розробка теоретичної частини роботи:

Магістр вносить значний внесок у розуміння і систематизацію знань про існуючі підходи до систем керування автоматизованими системами подрібнення руди у барабанних млинах. Це включає в себе дослідження та аналіз існуючих технологій, методів і стратегій управління, а також

визначення оптимальних підходів для використання нейронних мереж в цьому контексті.

Загальною метою є підвищення ефективності та автоматизації процесу подрібнення руди, що в свою чергу може призвести до підвищення продуктивності та зменшення витрат. Цей підхід може стати ключовим компонентом вдосконалення гірничо-збагачувального виробництва та підвищення його конкурентоспроможності на ринку.

Апробація результатів магістерської роботи:

Основні ідеї та досягнення у магістерській роботі були узагальнені в тезах та обговорені під час міжнародної науково-технічної конференції «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти»

Структура та обсяг роботи.

Робота складається з вступу, п'ятьох розділів і висновків. Містить 111 сторінок друкованого тексту, в тому числі 89 сторінок тексту основної частини з 5 рисунками, 9 таблиць, список використаних джерел з 30 найменуваннями, 14 додатків на 24 сторінках.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДРОБЛЕННЯ РУДИ

1.1 Аналіз систем керування процесами подрібнення руди в барабанних млинах

1.1.1 Технології дроблення і подрібнення руди в дробарках і барабанних млинах

Технологія переробки руди на Інгулецькому гірничозбагачувальному комбінаті (ГЗК) включає:

- видобуток руди в кар'єрі і доставку її автосамосвалами на дробарну фабрику;
- дроблення руди на дробарній фабриці яке складається з операцій крупного, середнього й дрібного дроблення;
- подрібнення руди до розкриття мінералів у барабанних млинах;
- поділ здрібненого продукту на концентрат і хвости за допомогою магнітних, гравітаційних, флотаційних методів збагачення;
- відвантаження залізородного концентрату у вагони споживачам і складування мокрих хвостів у хвостосховище.

Рудопідготовка є важливою операцією перед збагаченням руди в концентрат і призначена для підготовки руди що відповідають заданим фізичним критеріям (в даному випадку – крупність) на наступних операціях збагачення. Вона складається з процесів дроблення, здрібнювання, класифікації, транспортування та інші операції.

При подрібненні руди за допомогою металевих куль використовується технологія багатостадійного подрібнення руди у

барабанних млинах, а також є технологія подрібнення руди без допомоги металевих куль, яку ще називають самоздрібнювання. Технологія самоздрібнювання магнетитових кварцитів була освоєна на Інгулецькому і Північному ГЗК, і найкраще себе демонструє для дуже твердих руд (19-20 одиниць за шкалою проф. Протодьяконова), тому в зв'язку з тим що на Північному ГЗК руди мають меншу твердість (16 одиниць за шкалою проф. Протодьяконова), ця технологія не показала там добрі фінансові показники через необхідність зниження навантаження на секцію з причини низької кускоутворюючої здатності руди при самоподрібненні і високого виходу критичного класу крупності який є «паразитним» класом для операції самоздрібнення. Тому через невисоку твердість руди на усіх інших гірничодобувних підприємствах України, технологія самоздрібнення руди застосовується лише на Інгулецькому ГЗК.

Унікальність цієї технології є те що замість 3-4 стадій подрібнення руди в кульових млинах використовується лише двох-стадіальна схема подрібнення без використання металевих куль. Це дозволило знизити змінні операційні витрати на виробництво концентрату на 15% за рахунок відмови від використання металевих куль, але при цьому збільшуються капітальні витрати на будівництво збагачувальних секцій на 20%, а також на 20% збільшилася питома витрата електроенергії на одиницю продукції.

Дроблена руда з дробарної фабрики (ДФ) надходить в I стадію здрібнення і подрібнюється в барабанних млинах (БМ) з внутрішнім геометричним об'ємом від 45 до 83 м³. Барабанні млини I стадії здрібнювання (для РЗФ-1 це МШР-3,6x5,0; для РЗФ-2 це ММС-7,0x2,3), працюють у замкненому циклі зі спіральними класифікаторами (КСН), а в II і III стадіях – у замкненому циклі з гідроциклонами ГЦ-710 на РЗФ-1, а також ГЦ-500 ГЦ-350 на РЗФ-2 відповідно діаметром від 350 мм до 710 мм. Середньогодина продуктивність млинів I стадії по вхідній руді складає: для

млинів МШР-3,6х5,0 (РЗФ-1) від 100 до 125 т/год, для млинів ММС-7,0х2,3 (РЗФ-2) від 80 до 110 т/год по свіжій руді.

Також треба відмітити що технологія збагачення руди РЗФ-1 містить операцію сухої магнітної сепарації (СМС) яка встановлена перед млинами МШР-3,6х5,0, мета якої максимально скинути бідну на залізо пусту породу що є у дробленій руді, перед попаданням у барабанний млин. Регулювання ефективності роботи СМС здійснюється регулюванням шибером скидання.

Основною метою операції подрібнення руди у барабанних млинах є механічне руйнування зростків мінералів та розкриття мінералів (магнетит та силікати) до 97 - 99 % вмісту класу -0,050 мм, який характеризується розміром мінералів в руді. Розкриті мінерали в подальших технологічних операціях розділяються за різницею фізико-механічних властивостей цих мінералів гравітаційним, магнітним чи флотаційним способом. Таким чином з залізної руди в якій вміст заліза загального складає 27-33%, отримуємо магнетитовий концентрат із вмістом заліза 67-70 % при вилученню корисного до 75%. Витрати електроенергії становлять близько 10 кВт·год/т при здрібнюванні до 65 % класу -0,050 мм і біля 20 кВт·год/т – при здрібнювання від 65 % до 99 % класу -0,050мм.

Процес дроблення руди на Інгулецькому ГЗК здійснюється на ДФ яка має 4 стадії дроблення руди що призначена для РЗФ-1, і одну стадію дроблення для руди призначеної для РЗФ-2 у конусних дробарках. Дробарки представлені наступними типорозмірами: 1-ша стадія: ККД-1500, 2-га стадія: КРД-900/700, 3-тя стадія: КСД-2200, 4-та стадія: КМД-2200. Руда з Інгулецького кар'єру крупністю 0-1200 мм доставляється самоскидами БелАЗ-75131 вантажопідйомністю 130т, або самоскидами САТ-785 вантажопідйомністю до 150т.

Руда що пройшла 1-шу стадію подрібнення крупністю 0-350 мм через накопичуючий бункер під дробаркою за допомогою пластинчастих живильників поступає на конвеєр. Потім за допомогою системи конвеєрів крупноподрібнена руда подається в прийомні бункери збагачувальної фабрики РЗФ-2, або ж поступає на наступні стадії подрібнення для РЗФ-1, і за допомогою катучих конвеєрів (автостел) надходить у бункери технологічних секцій кульового подрібнення (РЗФ-1) або самоздрібнювання (РЗФ-2).

Крупнодроблена руда крупністю 0-350 мм із бункера технологічної секції самоздрібнювання через живильник надходить за допомогою похилого конвеєра у барабанний млин. Розвантаження барабанних млинів має різний гранулометричний склад і густину пульпи, тому щоб розділити пульпу на класи крупності матеріал надходить у ванну спірального класифікатора (КСН), з якого готовий клас (крупністю – 0,050 мм) поступає на злив, а крупні класи (піски) за допомогою спіралі класифікатора знову повертаються в барабанний млин для подальшого подрібнення.

Регулювання режимів роботи процесу подрібнення у барабанних млинах здійснюється за допомогою живильника подачі руди, вентиля подачі води в БМ і вентиля подачі води у ванну СК.

Підсумовуючи, можна сказати, що технологія збагачення руди, що використовується на залізорудних підприємствах України ще далека від досконалості: так якість магнетитового концентрату по вмісту заліза і кремнезему не відповідає сучасним вимогам металургів; а енергетичні витрати на 1 т концентрату в 1,5 рази вище, ніж на аналогічних зарубіжних підприємствах.

Аналіз операційних витрат на технологічні процеси переробки руди складає:

- дроблення в дробарках і подрібнення у млинах – 45–50 %;

- перекачування хвостів у хвостосховище – 20 –25 %;
- технологічні насоси – 15 – 20%;
- магнітна сепарація – 7–10 %;
- зневоднювання концентрату – 5–8 %,
- операція флотації – 10 – 12% (для високоякісних концентратів з вмістом заліза 67-70%)

Також слід зазначити що саме обладнання рудопідготовки (дробарки та барабанні млини) займають значну частину собівартості і в перерахунку на витрати електроенергії складають до 85% усіх виробничих витрат. Тому головним напрямком підвищення ефективності роботи ГЗК є підвищення ефективності роботи переділів дроблення і подрібнення у барабанних млинах, що дозволить зменшити витрати електроенергії й інших ресурсів, а також підвищити середньогодину продуктивність, що теж в свою чергу призводить до зменшення питомих витрат.

1.1.2 Аналіз існуючих автоматизованих систем управління технологічним процесом а також систем контролю процесами дроблення і подрібнення руди

Ключовими елементами існуючих автоматизованих систем управління технологічним процесом в дробленні і подрібненні руди є:

1. Технологічний стан:

Оцінка технологічних рішень, які використовуються для дроблення і подрібнення руди, включаючи ефективність процесів, точність і швидкість дроблення, ступінь утилізації ресурсів та енергії.

2. Системи контролю і автоматизації:

Аналіз існуючих систем контролю та автоматизації, які використовуються для моніторингу і управління процесами дроблення і подрібнення руди, включаючи використання датчиків, системи збору даних, програмне забезпечення для контролю та прийняття рішень.

3. Ефективність та оптимізація:

Аналіз можливостей для підвищення ефективності систем управління технологічним процесом, зокрема за допомогою впровадження нових технологій, оптимізації алгоритмів управління, використання нейронних мереж для передбачення і підвищення продуктивності.

4. Безпека і надійність:

Оцінка системи безпеки і надійності в існуючих системах управління, зокрема заходи для запобігання аваріям, системи автоматичної безпеки та процедури відновлення після збоїв.

5. Витрати і ресурси:

Аналіз витрат, пов'язаних із сучасними системами управління технологічним процесом, включаючи витрати на обслуговування, енергію, обладнання та програмне забезпечення.

Цей аналіз допомагає ідентифікувати можливості для покращення систем управління технологічним процесом дроблення і подрібнення руди, що можуть включати впровадження нових технологій, вдосконалення систем контролю та оптимізацію процесів для підвищення ефективності та надійності виробничих процесів.

Для ретельного аналізу автоматизованих системам управління технологічних процесів слід враховувати:

- аналіз характеристик та взаємозв'язків управління;
- вирішення завдань, що стосуються організації та планування виробництва;

- встановлення необхідного складу технічного обладнання та обсягу документації для обліку та звітності;
- вивчення можливостей автоматизації управління виробничим процесом;
- створення взаємозв'язків між управлінськими вузлами всередині системи та їх зв'язок з зовнішніми джерелами;
- створення структури інформаційного потоку та організація обігу документів;
- визначення основних технічних засобів, термінальних пристроїв та їх характеристик;
- наліз функціональних блоків підприємства з урахуванням їх структури;
- використання передових технологій у процесі створення автоматизованих систем управління технологічним процесом;
- дослідження та розробка програмного забезпечення для системи управління, включаючи аналіз функціональності та розробку програмних засобів;
- Оцінка економічних переваг впровадження автоматизованої системи управління виробництвом.

Метою автоматизованої системи управління є забезпечення оптимального функціонування виробничо-господарських процесів гірничодобувного підприємства як об'єкта управління.

Функції, що виконуються в АСУТП:

1. Забезпечення ефективної взаємодії внутрішніх та зовнішніх зв'язків підприємства. У першому випадку це спрямовано на оптимальне функціонування підприємства як єдиного організаційного цілого. У другому випадку - на забезпечення підприємства необхідними ресурсами, згодованими плановими завданнями та якісною об'єктивною звітністю.

При цьому АСУТП опосередковує два потоки інформації: один - зверху від системи національного господарства до підприємства, інший - знизу від технологічних та виробничих процесів.

2. Використання обчислювальних можливостей сучасних ЕОМ дає змогу вирішувати організаційно-економічні завдання, спрямовані на роботу основних функціональних підрозділів підприємства: планування, виробництва, постачання, збуту, фінансів, кадрів, бухгалтерського обліку тощо.

Коли розглядаються всі завдання АСУП, можна виділити чотири основні фази або стадії разом із відповідними групами завдань. Це утворює замкнутий цикл управління об'єктом:

1. Збір інформації: Включає завдання, пов'язані зі збором даних про стан об'єкта управління, вимірюваннями та отриманням потрібних вхідних даних.

2. Аналіз і обробка: Ця фаза стосується завдань з аналізу та обробки зібраної інформації для прийняття рішень. Це може включати обчислення, порівняння зі стандартами, аналіз тенденцій.

3. Прийняття рішень: Ця фаза охоплює завдання, пов'язані з вибором оптимальних рішень на основі обробленої інформації. Це може бути автоматичні прийняття рішень або рекомендації для операторів.

4. Впровадження рішень: Остання фаза включає завдання, спрямовані на виконання обраного рішення в реальному часі. Це може бути автоматичне керування процесами або втручання операторів для виконання конкретних завдань.

Структуру АСУ підприємства представлено на рисунку 1.1.

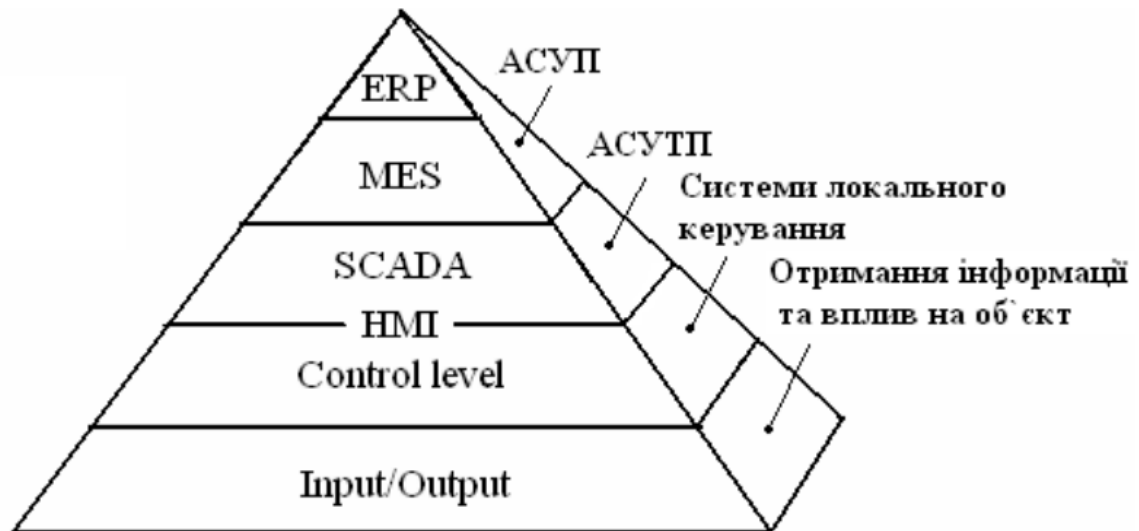


Рисунок 1.1 - Піраміда автоматизованої системи промислового підприємства

Сегмент Input / Output (Ввід/Вивід):

Відноситься до процесу введення та виведення даних. Це означає обмін інформацією між системою (або її компонентами) та зовнішнім середовищем, таким як датчики, сенсори, актуатори, віддалені підсистеми чи інші системи.

Рівень Input/Output забезпечує збір інформації з датчиків або зовнішніх джерел, а також надсилає сигнали управління для керування пристроями чи системами. Цей рівень є ключовим для взаємодії між фізичними процесами та цифровою системою управління, що дозволяє забезпечити реакцію системи на зміни в навколишньому середовищі та впливати на нього. На Ігулецькому ГЗК використовуються наступні І/О-пристрої: датчики рівня: які використовуються для вимірювання рівня руди в бункерах, датчики тиску і температури, які використовуються для контролю тиску та температури наприклад корневих підшипників БМ, датчики потоку, датчики вологості, для вимірювання вологості руди або

концентрату, а також радіоізотопні датчики для високоточного вимірювання густин пульпи (використовується на флотаційному збагаченні).

Сегмент Control

Представляє собою шар, який відповідає за керування технологічними процесами, їхнім регулюванням та координацією в реальному часі. Цей рівень обробляє дані, зібрані з нижніх рівнів, і генерує відповідні сигнали для керуючих пристроїв (актуаторів), щоб змінювати параметри технологічних процесів у виробництві. Рівень Control включає алгоритми, програмне забезпечення та обладнання, що відповідають за автоматичне або напіваавтоматичне регулювання параметрів виробничого процесу. Він відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності, точності та ефективності технологічних процесів, зменшенні ризиків та уникненні небажаних ситуацій в виробничому середовищі.

Сегмент SCADA

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition (Диспетчерське управління та збір даних). Це система нагляду та збору даних, що забезпечує контроль та керування процесами в реальному часі. Цей рівень зазвичай представляє собою інтерфейс між фізичними пристроями (системами вимірювання, контролерами, сенсорами) та операторами, які моніторять та керують процесами виробництва. SCADA дозволяє збирати дані з різних датчиків та пристроїв, відображати їх на моніторах операторів, надає можливість аналізувати ці дані та вживати відповідні дії. Цей рівень системи автоматизації забезпечує доступ до інформації про стан технологічних процесів та дозволяє операторам втручатися для керування або виправлення ситуацій в реальному часі. На Інгuleцькому ГЗК використовуються наступні SCADA-системи: Wonderware System

Platform від Schneider Electric, Siemens WinCC, Rockwell Automation FactoryTalk View і AVEVA SCADA.

Сегмент MES

MES-Manufacturing Execution System (Система виконання виробництва).

Є проміжним між виробничими процесами та системами планування підприємства. Цей рівень включає в себе ряд програмних та апаратних засобів для збору та обробки даних, управління виробничими процесами та забезпеченням інформацією для прийняття рішень на рівні виробництва. MES відповідає за планування та виконання виробничих завдань, контроль якості, моніторинг процесів, відстеження запасів та виробничої потужності, а також за забезпечення взаємодії з системами SCADA і ERP (Enterprise Resource Planning). Цей рівень дозволяє підвищити ефективність виробництва та оптимізувати виробничі процеси шляхом автоматизації та моніторингу ключових аспектів виробництва.. На Інгулецькому ГЗК використовують наступні MES-системи: Siemens SIMATIC IT MES, Rockwell Automation FactoryTalk ProductionCentre, ABB Ability Manufacturing Operations Management, Wonderware MES від Schneider Electric, яке надають можливості для управління виробничими процесами та адаптовані до різних потреб у виробництві.

Сегмент ERP

ERP - Enterprise Resource Planning System (Система планування ресурсів підприємства). є вищим рівнем у системі автоматизації та включає в себе програмне забезпечення для управління всіма ключовими бізнес-процесами підприємства. ERP включає в себе модулі для управління фінансами, управління виробництвом, логістикою, кадрами, складським обліком, маркетингом та іншими аспектами діяльності компанії. Цей рівень дозволяє підприємствам впроваджувати єдину

інтегровану систему, що об'єднує всі відділи та підрозділи. ERP забезпечує централізований доступ до даних, оптимізує процеси виробництва та управління ресурсами, сприяє прийняттю кращих стратегічних рішень та покращує ефективність підприємства в цілому. Великі компанії можуть використовувати власні розробки або кастомізовані рішення на основі популярних платформ ERP, таких як SAP ERP, Oracle E-Business Suite, Microsoft Dynamics. На Інгuleцькому ГЗК використовується SAP ERP а також підтримується ERP власної розробки КІС «Галактика».

Як видно, зростання сегменту у ієрархії АСУТП веде до збільшення віддалення від конкретних технологічних деталей. На нижніх сегментах, де І/О взаємодіє безпосередньо з технологічним процесом, отримують повну інформацію про нього. Проте, по мірі підняття на верхні сегменти піраміди, інформація стає загальною і описує усі виробничі аспекти. Зараз, на всіх сегментах ієрархії АСУТП, використовують програмно-апаратні комплекси.

1.2 Аналіз сучасних методів, моделей та інформаційних технологій в автоматизованих системах управління переробки руди та виробництва залізорудного концентрату

1.2.1 Аналіз існуючих систем АСУТП рудозбагачувальних фабрик

1.2.1.1 Структура сучасної АСУТП

Оскільки АСУТП - це складний інформаційно-керуючий комплекс, структура може бути представлена у вигляді таких основних блоків:

1. Сенсори та датчики: Вони збирають дані про параметри об'єкта управління: температуру, тиск, вологість, рівні рідин, рівні запасів тощо.
2. Збір та передача даних: Цей блок включає в себе системи збору, обробки та передачі інформації з сенсорів до центральної системи.
3. Центральна обчислювальна система: Це основний мозок АСУТП, де відбувається обробка та аналіз даних, прийняття рішень та керування процесами.
4. Системи керування: Вони відповідають за передачу команд виконавчим механізмам, таким як мотори, клапани, насоси тощо.
5. Моніторинг та візуалізація: Цей блок відображає дані та інформацію для операторів у зручному для сприйняття вигляді, дозволяючи їм відслідковувати стан системи та приймати рішення.
6. Аналіз та звітність: Ця частина відповідає за аналіз зібраної інформації для виявлення тенденцій, узагальнення результатів та створення звітів для управлінських рішень.
7. Модулі автоматизації та оптимізації: Цей блок включає в себе інструменти для автоматизації та оптимізації процесів, такі як нейронні мережі, алгоритми штучного інтелекту тощо.

Ця структура складається з різних компонентів, що співпрацюють для забезпечення ефективного управління технологічним процесом.

Спрощена структура сучасної АСУТП представлена на рис.1.2 – Структура інформаційних потоків АСУТП, де відображена рівневість автоматизації технологічного процесу.

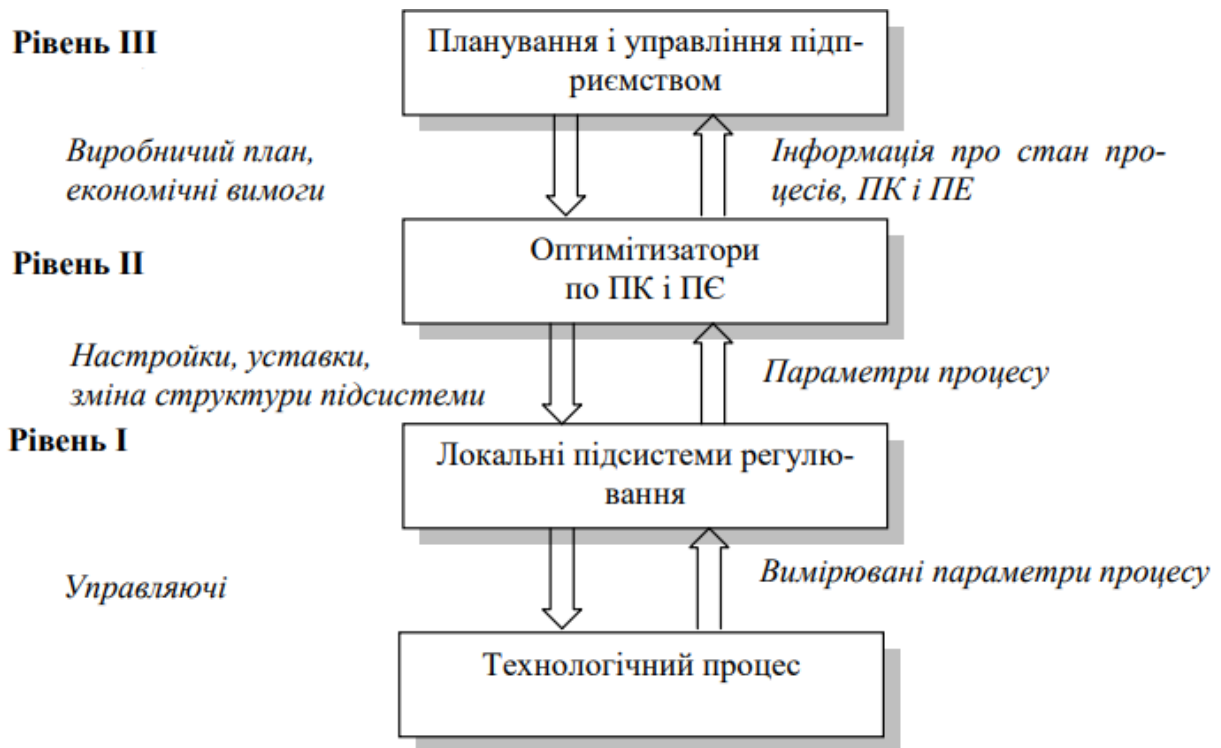


Рисунок 1.2 – Структура інформаційних потоків АСУТП

1.2.1.2 Завдання рівнів АСУТП

Рівні автоматизації систем управління (АСУ) часто узагальнюються та класифікуються на кілька рівнів. В загальному сенсі, рівні можуть виглядати так:

1 Рівень введення-виведення (Input/Output Level): Це рівень, на якому відбувається збір та передача даних від датчиків до системи та навпаки. Його завдання - отримувати інформацію та передавати команди до установок.

2 Рівень контролю та керування (Control Level): Тут дані, отримані на попередньому рівні, обробляються та використовуються для прийняття рішень. Керування різними елементами системи.

3 Рівень стратегічного керівництва (Strategic Management Level): Це вищий рівень, де приймаються стратегічні рішення щодо управління виробництвом, бізнес-процесами та оптимізацією ресурсів в цілому.

Ця трьохрівнева модель охоплює збір даних, їх обробку та використання на різних рівнях управління, починаючи від базових функцій до прийняття стратегічних рішень.

Перший (нижній) рівень АСУТП є рівнем датчиків, виконавчих механізмів і контролерів, які встановлюються безпосередньо на технологічних об'єктах. Їх завдання полягає в отриманні параметрів процесу, перетворенні їх у відповідний вигляд для подальшої передачі на вищий ступінь (функції датчиків), а також у прийомі управляючих сигналів і у виконанні відповідних дій (функції виконавчих механізмів).

Завданнями рівня є:

- Збір інформації: Використовуються датчики, сенсори та інші прилади для отримання даних з різних частин технологічного процесу.
- Передача даних: Отримані дані передаються до системи керування для подальшої обробки.
- Надання команд: На цьому рівні генеруються команди для виконання різних операцій, таких як запуск апаратури, регулювання температури тощо.

Цей рівень має прямий контакт з об'єктом управління, збирає дані в реальному часі та передає їх для подальшої обробки на вищі рівні системи управління.

Другий (середній) рівень – рівень основної виробничої ділянки (цеху). Другий рівень у системі управління відповідає за обробку даних,

прийняття рішень та керування конкретними процесами на основі зібраної інформації.

Його функції:

- Обробка інформації: Дані, зібрані на першому рівні, обробляються для аналізу, виявлення паттернів та іншої обробки.
- Прийняття рішень: На основі оброблених даних виробляються рішення щодо подальшого управління технологічним процесом.
- Керування процесами: Команди і сигнали, що формуються на цьому рівні, направляються до виконавчих механізмів для конкретного управління технологічними процесами.

Цей рівень забезпечує високий рівень автоматизації та прийняття рішень на основі зібраної та обробленої інформації, що дозволяє ефективно керувати процесами виробництва, також на цьому рівні проводиться оптимізація технологічних процесів за технологічними показниками.

Третій (верхній) рівень у системі автоматизації займає так званий рівень управління і відноситься до системи керування підприємством. На цьому рівні відбувається координація та управління різними виробничими процесами на основі інформації, отриманої з попередніх рівнів.

Завданнями управління даного рівня є:

- Координація процесів: Він відповідає за підтримання і управління взаємодією між різними частинами виробництва, забезпечуючи оптимальний рух матеріалів та ресурсів.
- Оптимізація продуктивності: Його завдання включає підвищення ефективності та оптимізацію процесів виробництва шляхом аналізу та вдосконалення робочих процедур та схем.

- **Управління якістю:** Цей рівень відповідає за контроль і забезпечення високої якості продукції. Він включає в себе методи та процедури для визначення, контролю та підтримки стандартів якості.

- **Стратегічне управління:** Третій рівень також орієнтований на стратегічне планування та прийняття важливих рішень щодо розвитку виробництва на довгострокову перспективу.

- **Інтеграція технологій:** Третій рівень спрямований на інтеграцію технологій для покращення ефективності, якості та ефективного управління процесами.

Цей рівень забезпечує комплексний підхід до управління виробництвом, використовуючи зібрані дані та аналізуючи їх для вдосконалення всієї системи виробництва, також варто зазначити, що деякі завдання другого і третього рівнів перекриваються і в ряді випадків ці два рівні об'єднуються в один. Більш розгорнута структура сучасної АСУТП представлена на рис.1.3 – Розгорнена структура сучасної АСУТП, який візуалізує основні процеси та інформаційні потоки в системі керування.

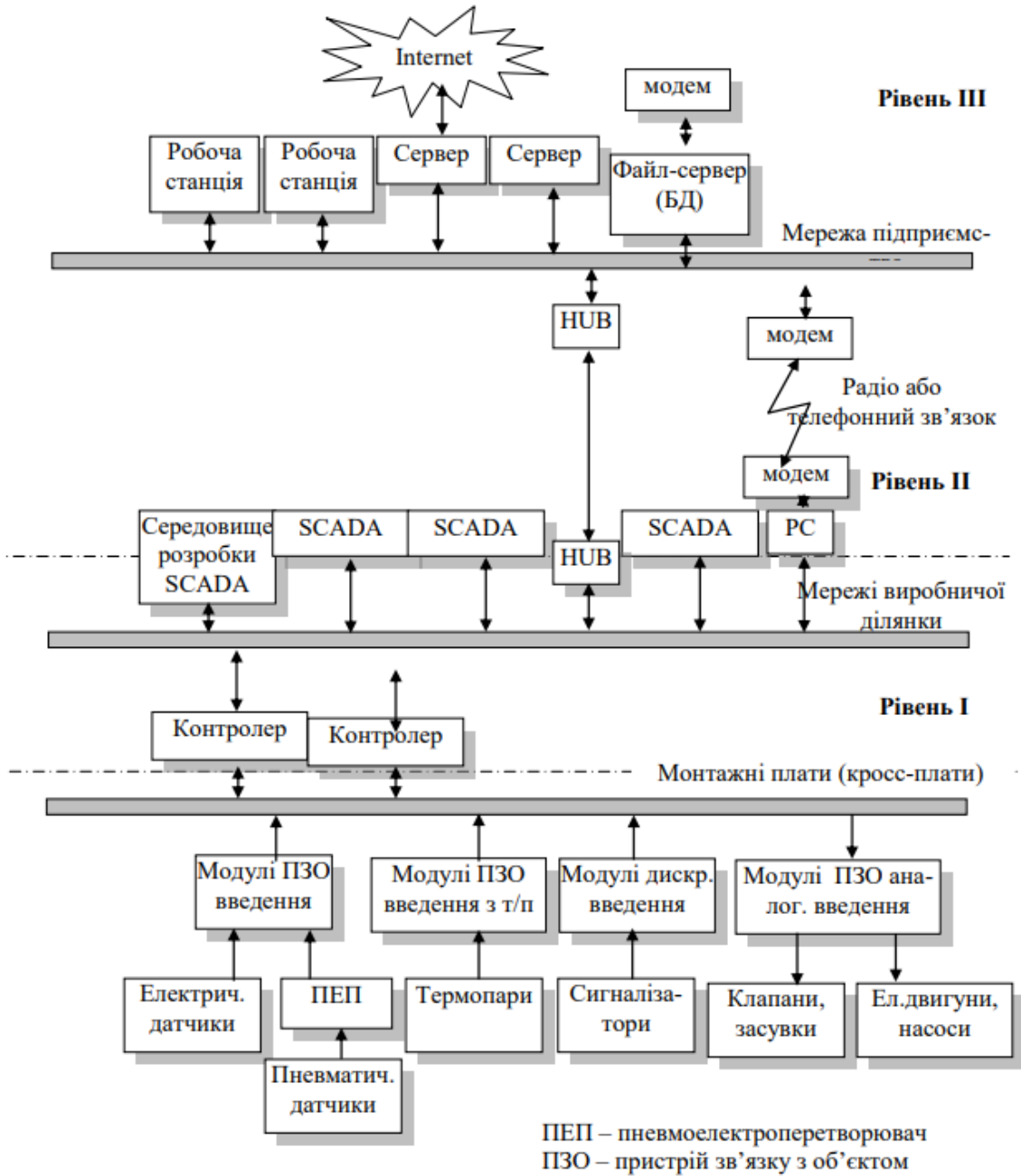


Рисунок 1.3 – Розгорнена структура сучасної АСУТП

1.2.2 Аналіз математичних моделей в системах управління технологічним процесом секцій рудозбагачувальних фабрик

Для створення математичної моделі автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП) збагачувальної секції, враховуються багато факторів, таких як параметри обладнання, властивості руди, процеси обробки та керування. Основні складові, які можуть бути включені у математичну модель, включають:

1. Модель обладнання. Це може бути математичний опис основних параметрів пристроїв, що використовуються в збагаченні, таких як конвеєри, живильники, розділювачі, дробарки, барабанні млини тощо. Можна врахувати їхню продуктивність, швидкість, максимальні та мінімальні обсяги обробки тощо.

2. Модель процесу збагачення. Включає математичний опис процесів, які відбуваються під час збагачення руди. Наприклад, можна використовувати рівняння для опису концентрації корисних компонентів у вихідній руді після кожного етапу обробки (вміст заліза в продуктах, вихід продуктів, вилучення корисного компонента в продукт, а також кількісні характеристики процесів збагачення).

3. Модель керування. Включає алгоритми та стратегії, що використовуються для управління процесом збагачення. Модель може включати системи регулювання, оптимізації, прогнозування тощо.

4. Модель взаємодії з обладнанням. Така модель може враховувати динаміку реакції обладнання на різні команди керування, включаючи затримки, ефективність реакції та можливість збоїв.

5. Модель моніторингу та діагностики. Така модель може передбачати системи моніторингу, які виявляють аномалії в процесі та здійснюють діагностику можливих несправностей.

Створення математичної моделі АСУТП збагачувальної секції - це складний та індивідуальний процес, що потребує специфічних знань про саму технологічну секцію. Це може вимагати використання різних математичних методів, від диференціальних рівнянь до статистичних моделей та оптимізаційних алгоритмів, в залежності від конкретного контексту та завдань АСУТП.

1.2.3 Аналіз інформаційних моделей і технологій системах управління технологічним процесом секцій рудозбагачувальних фабрик.

Аналіз інформаційних моделей та технологій у системах управління технологічним процесом на рудозбагачувальних фабриках є складним та багатограним завданням. Можна розглянути деякі аспекти, що можуть бути включені в такий аналіз:

1. Інтеграція інформаційних систем: Основні системи управління можуть включати ERP (Enterprise Resource Planning) для управління ресурсами, MES (Manufacturing Execution System) для контролю виробничих процесів, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) для моніторингу та керування процесами, а також інші спеціалізовані системи. Аналіз інтеграції цих систем в контексті рудозбагачувальної фабрики визначає ефективність обміну даними, забезпечення цілісності та достовірності інформації.

2. Системи контролю та автоматизації: Оцінка використання сенсорів, контролерів, програмних контролерів логіки (PLC), роботів та інших автоматизованих систем управління процесом. Це дозволяє зрозуміти, яким чином вони оптимізують технологічні процеси на фабриці.

3. Використання аналітики та Big Data: Відстеження використання аналітики даних для прогнозування, оптимізації процесів, виявлення аномалій та підвищення продуктивності. Big Data аналіз може виявити патерни та кореляції між різними факторами виробництва.

4. Кібербезпека: Оцінка заходів кібербезпеки, які використовуються для захисту систем управління від кіберзагроз та несанкціонованого доступу.

5. Інтелектуальні технології: Розгляд застосування штучного інтелекту, машинного навчання та інших інтелектуальних технологій для покращення управління технологічними процесами та прийняття рішень.

Це лише деякі аспекти, які можуть бути включені до аналізу інформаційних моделей і технологій у системах управління технологічним процесом на рудозбагачувальних фабриках. Кожен з цих аспектів має велике значення для оптимізації та підвищення ефективності виробничих процесів.

1.3 Висновки за розділом

Дослідження аналізу систем керування процесами подрібнення руди в барабанних млинах та технологій дроблення і подрібнення руди в дробарках і барабанних млинах вказують на важливість ефективного управління цими процесами для підвищення продуктивності та якості

виробництва залізорудного концентрату. Аналіз сучасних методів управління вказує на те, що автоматизовані системи грають ключову роль в оптимізації процесів переробки руди. Впровадження сучасних технологій, моделей та інформаційних систем сприяє покращенню точності та швидкості управління, що в свою чергу призводить до зменшення витрат та підвищення виробничої ефективності. Ефективні автоматизовані системи управління дозволяють реалізовувати оптимальні стратегії обробки руди, враховуючи різноманітні параметри, такі як розмір часток, хімічний склад і фізичні властивості. Інтеграція передових технологій, таких як штучний інтелект та машинне навчання, дозволяє створювати гнучкі та адаптивні системи, які можуть самостійно вдосконалюватися на основі зібраної інформації.

Отже, розвиток та вдосконалення систем управління процесами подрібнення руди в барабанних млинах, технологій дроблення і подрібнення руди, а також використання сучасних методів та інформаційних технологій в автоматизованих системах є важливим етапом для оптимізації виробничих процесів та забезпечення стабільної та ефективного виробництва залізорудного концентрату.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Визначення трудомісткості розробки програмного забезпечення

Визначення трудомісткості розробки програмного забезпечення (ПЗ) для модуля нейронної мережі для АСУТП включає оцінку обсягу робіт, складності алгоритмів нейронної мережі, витрат на тестування та налагодження. Використання методів, таких як модель СОСОМО, допомагає врахувати різні аспекти розробки та визначити робочий обсяг та ресурси, необхідні для успішного завершення проекту.

Трудомісткість розробки програмного забезпечення (ПЗ) визначається комплексом факторів, що включають в себе обсяг робіт, складність завдань, кількість функцій та особливостей, а також навколишні умови проекту. Цей параметр є критичним для ефективного управління проектом та планування бюджету. Для визначення трудомісткості розробки можна використати різні методики, серед яких найбільш поширеною є модель СОСОМО (Constructive Cost Model).

Модель СОСОМО розділяється на три рівні:

- Базова модель (СОСОМО I): Використовується для проектів невеликої масштабності, де розробка ведеться досить стандартно.
- Проміжна модель (СОСОМО II): Призначена для більш складних проектів з використанням різних типів компонентів та технологій.
- Деталізована модель (СОСОМО III): Забезпечує детальний розгляд різних аспектів розробки та дозволяє враховувати різноманітні впливи на трудомісткість.

У визначенні трудомісткості важливо враховувати розподіл робочого часу між різними етапами розробки, витрати на тестування та налагодження, а також внутрішні та зовнішні фактори, що можуть впливати на процес.

Для розрахунку мого проєкту використаю проміжну модель (COCOMO II): з ресурсу: <http://softwarecost.org/tools/COCOMO/>

так званий калькулятор COCOMO, який розраховує основні показники проєкту: загальні трудовитрати, графік проєкту та загальну вартість проєкту.

Результати розрахунків COCOMO-калькулятора представлені на рисунку 5.1 і рисунку 5.2

COCOMO II - Конструктивна модель витрат

Ризик Монте-Карло
 Вимкнено
 Автоматичний розрахунок
 Вимкнено

Метод визначення розміру програмного забезпечення: Вихідні рядки коду

[SLOC](#) % Дизайн змінено % коду змінено % Потрібна інтеграція Оцінка та засвоєння (0% - 8%) Розуміння програмного забезпечення (0% - 50%) Незнайомість (0-1)

новий:

Використовується повторно:

Змінено:

Драйвери програмних ваг

Прецедентність: Низький Архітектура / Вирішення ризиків: Іменний Зрілість процесу: Іменний

Глуцькість розвитку: Високий Згуртованість команди: Іменний

Драйвери вартості програмного забезпечення

Продукт

Необхідна надійність програмного забезпечення: Низький Можливість аналітики: Високий Часове обмеження: Високий

Розмір бази даних: Високий Можливості програміста: Високий Обмеження зберігання: Високий

Складність продукту: Низький Неперервність персоналу: Низький Волатильність платформи: Високий

Розроблено для повторного використання: Високий Досвід застосування: Низький **Демонструвати**

Документація відповідає потребам життєвого циклу: Низький Досвід платформи: Високий Використання програмних засобів: Низький

Багатосайтовий розвиток: Низький

Необхідний графік розробки: Низький

Технічне обслуговування Вимкнено

Ставки роботи з програмного забезпечення

Вартість на людину-місяць (у доларах США):

Рисунок 5.1 – Параметри що задаються для COCOMO-калькулятора

Результати**Розробка програмного забезпечення (розробка та конструювання)**

Зусилля = 54,8 Людино-місяців

Графік = 10,7 Місяців

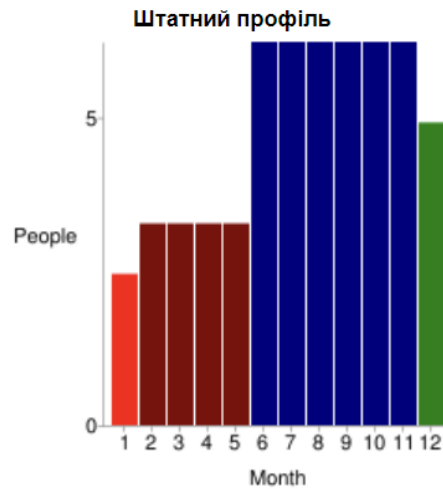
Вартість = 65783 \$

Загальний еквівалентний розмір = 10000

Коефіцієнт коригування зусиль SLOC (EAF) = 1,47

Розподіл фази придбання

Фаза	Зусилля (людино-місяці)	Розклад (міс.)	Середній персонал	Вартість (долари)
початок	3.3	1.3	2.5	3947 доларів США
Розробка	13.2	4.0	3.3	15788 доларів США
Будівництво	41.7	6.7	6.2	49995 доларів США
Перехід	6.6	1.3	4.9	\$7894

**Розподіл програмних зусиль для RUP/MBASE (людино-місяці)**

Фаза/Діяльність	початок	Розробка	Будівництво	Перехід
управління	0,5	1.6	4.2	0,9
Навколишнє середовище/СМ	0,3	1.1	2.1	0,3
Вимоги	1.2	2.4	3.3	0,3
Дизайн	0,6	4.7	6.7	0,3
Реалізація	0,3	1.7	14.2	1.2
Оцінка	0,3	1.3	10,0	1.6
Розгортання	0,1	0,4	1.2	2.0

Ваш вихідний файл знаходиться на http://softwarecost.org/tools/COCOMO/data/COCOMO_January_17_2024_14_13_20_301277.txtСтворено Ray Madachy у Морській аспірантурі. Для отримання додаткової інформації зв'яжіться з ним за адресою rjmadach@nps.edu.**Рисунок 5.2 – Результати обчислень COCOMO-калькулятора**

Таким чином за результатами розрахунку COCOMO-калькулятора основні витратні показники проекту наступні:

1. Трудозатрати = 54,8 людино-місяців або 9 206 людино-годин
2. Термін реалізації проекту = 10,7 місяців
3. Загальна вартість проекту = 65 783 долл. США (або ж 2,5 млн грн)

4. Штат ІТ-спеціалістів = 5 чоловік

Також для порівняння розраховую основні витратні показники проекту класичним методом:

Розрахунок трудомісткості проекту:

1.1. Розробка Websocket Service:

- Розробка інтерфейсу: 300 годин
- Логіка та обробка даних: 400 годин
- Тестування та налагодження: 200 годин
- Документація: 100 годин
- Разом для Websocket Service: 1000 годин

1.2. Розробка Data Service:

- Розробка API: 400 годин
- Інтеграція з базою даних: 300 годин
- Тестування та налагодження: 200 годин
- Документація: 100 годин
- Разом для Data Service: 1000 годин

1.3. розробка Frontend Service:

- Розробка UI: 500 годин
- Логіка та взаємодія з back-end: 400 годин
- Тестування та налагодження: 200 годин
- Документація: 100 годин
- Разом для Frontend Service: 1200 годин

1.4. Розробка Nginx-проксі:

- Конфігурація та налаштування: 300 годин
- Безпека та оптимізація: 200 годин
- Тестування та налагодження: 100 годин
- Документація: 100 годин

- Разом для Nginx-проксі: 700 годин

1.5. Розробка Database:

- Структура бази даних: 400 годин
- Інтеграція та оптимізація: 300 годин
- Тестування та налагодження: 200 годин
- Документація: 100 годин
- Разом для Database: 1000 годин

1.6. Розробка Front Service:

- Логіка та взаємодія з back-end: 400 годин
- Тестування та налагодження: 200 годин
- Документація: 100 годин
- Разом для Front Service: 700 годин

Загальна Трудомісткість: 5600 годин або 33,4 людино-місяців

5.2 Порівняння розрахунків трудомісткості проекту

Загальна вартість проекту складатиме: 33,4 людино-місяців x 1200 долл. США (місячна зарплата одного ІТ-спеціаліста) = 40 тис. долл. США (або ж 1,52 млн грн). Якщо прийняти що термін проекту складає 10,7 міс, як і в моделі СОСОМО, то необхідна штатна кількість ІТ-спеціалістів складе: 3,1 чоловіка. Порівняння результатів розрахунків трудомісткості представлені в таблиці 5.1 Порівняння розрахунків трудомісткості за двома методиками розрахунку.

Таблиця 5.1. Порівняння розрахунків трудомісткості за двома методиками розрахунку:

Показники проєкту	Одн. вим.	Метод СОСОМО II	Класичний метод
Трудомісткість	люд-міс.	54,8	33,4
Графік реалізації	міс.	10,7	10,7
Вартість проєкту (витрати)	тис.грн	2 500	1 520
Штатна кількість ІТ-спеціалістів	чол.	5,1	3,1

Загальні зауваження до розрахунку трудомісткості мого проєкту:

1. Ці оцінки є приблизними та можуть змінюватися в залежності від конкретних вимог та характеристик проєкту.
2. Враховано тільки трудомісткість розробки, інші аспекти, такі як тестування, документація та інші, можуть також вплинути на загальний час розробки.
3. Для точніших результатів необхідно буде провести детальний аналіз вимог та скористатися більш точними методами оцінки трудомісткості.

Фактори що впливають на трудомісткість:

- Обсяг коду та функціональність.
- Складність алгоритмів та структур даних.
- Наявність або відсутність документації.
- Досвід розробників та ефективність команди.
- Зміни вимог та планування.

При використанні моделі COCOMO або інших методик важливо збирати дані та коригувати параметри, щоб точніше відобразити умови конкретного проекту. Також важливо враховувати, що оцінка трудомісткості є лише одним із аспектів економічної частини розробки програмного забезпечення.

5.3 Загальна оцінка витрат на створення програмного забезпечення та тривалість його розробки

Витрати на створення програмного забезпечення будуть включати витрати на заробітну плату, інфраструктуру, інструменти розробки, а також можливі витрати на навчання персоналу. Тривалість розробки буде визначатися трудомісткістю та обсягом робіт, а також рівнем досвіду команди розробників.

Визначення фінансових аспектів розробки модуля нейронної мережі для АСУТП включає в себе визначення витрат та тривалості процесу. Це допомагає планувати бюджет та визначати ресурси, необхідні для успішної реалізації проекту.

1. Заробітна плата та витрати на персонал

Заробітна плата розробників, архітекторів та інших фахівців, що прийматимуть участь у розробці, буде великим чинником витрат. Враховуючи різний рівень кваліфікації та досвіду, а також можливі надбавки, визначаються загальні витрати на персонал.

2. Інфраструктура та інструменти розробки

Витрати на необхідні ресурси, такі як обладнання, програмне забезпечення та інструменти розробки, включаються в загальні витрати. Це може включати в себе придбання комп'ютерів, серверів, ліцензій на програмне забезпечення та інші необхідні ресурси.

3. Навчання та розвиток персоналу

З урахуванням швидких змін у галузі нейронних мереж та технологій АСУТП, важливо враховувати витрати на навчання та розвиток персоналу. Це включає в себе участь в конференціях, курсах, вебінарах та інших формах навчання.

4. Тривалість розробки

Тривалість розробки визначається обсягом робіт, складністю завдань та рівнем ресурсів, які призначені для проекту. Враховуючи витрати на персонал та інфраструктуру, можна розпланувати графік робіт та визначити терміни завершення проекту.

5. Загальні витрати та контроль бюджету

Загальні витрати охоплюють усі вищенаведені аспекти, і контроль бюджету є критичним для успішного завершення проекту. Постійний моніторинг витрат та їх аналіз дозволяють уникнути фінансових ризиків та забезпечити ефективне використання ресурсів.

Враховуючи всі ці аспекти, можна розробити бюджет та графік робіт, що нададуть основу для ефективного управління фінансами та ресурсами під час розробки модуля нейронної мережі для АСУТП.

5.4 Маркетингові дослідження ринку збуту розробленого програмного продукту

Маркетингові дослідження ринку будуть визначати можливість ринкового успіху модуля нейронної мережі для АСУТП. Аналіз конкурентної обстановки, визначення цільової аудиторії та стратегії продажу дозволять ефективно визначити потенційний попит на продукт та оптимізувати маркетингові витрати.

Маркетингові дослідження грають ключову роль у визначенні успіху та прибутковості розробленого програмного продукту, такого як модуль нейронної мережі для АСУТП. Цей розділ розглядає стратегії збуту, конкурентне середовище та споживчий попит для забезпечення оптимальної введення продукту на ринок.

1. Аналіз цільової аудиторії

Визначення цільової аудиторії є першим кроком у маркетинговому дослідженні. Дослідження повинно визначити потреби та вимоги потенційних користувачів модуля нейронної мережі для АСУТП, визначити їх проблеми та чекання від програмного продукту.

2. Конкурентний аналіз

Аналіз конкурентного середовища дозволяє визначити сильні та слабкі сторони конкурентів, виявити їх стратегії та оцінити їхні продукти. Це допомагає розробити унікальні переваги модуля та визначити основні елементи, що впливають на конкурентоспроможність.

3. Аналіз ринкових тенденцій

Дослідження ринкових тенденцій дозволяє зрозуміти, які зміни відбуваються в галузі АСУТП та нейронних мережах. Враховуючи інновації, нові технології та потреби клієнтів, можна адаптувати стратегію маркетингу та розвитку продукту.

4. Розробка стратегії збуту

На основі отриманих даних розробляється стратегія збуту. Це включає в себе план просування, ціноутворення, канали збуту та просування продукту. Важливо визначити, як зробити продукт доступним та привабливим для цільової аудиторії.

5. Маркетинговий бюджет

Визначення маркетингового бюджету важливо для ефективності просування продукту. Це включає в себе витрати на рекламу, участь у подіях галузі, онлайн-просування та інші маркетингові заходи.

6. Стратегії просування

Визначення стратегій просування включає рекламні кампанії, участь у виставках, роботу зі ЗМІ та соціальними мережами. Створення унікального образу та позиціонування на ринку допомагає виділити продукт серед конкурентів.

7. Визначення KPI та метрик успішності

Встановлення ключових показників ефективності (KPI) та метрик успішності дозволяє відстежувати результати маркетингових зусиль та вчасно коригувати стратегії.

Маркетингове дослідження ринку збуту розробленого програмного продукту грає важливу роль у забезпеченні його успіху на ринку та визначенні стратегій максимальної вигоди від продажу.

5.4 Оцінка економічної ефективності впровадження програмного забезпечення

Оцінка економічної ефективності включатиме врахування витрат на розробку та впровадження, потенційного доходу від продажу продукту, а також підрахунок показників повернення інвестицій (ROI) та чистого прибутку. Враховуючи ці аспекти, буде можливо визначити фінансову доцільність та прибутковість проекту.

Оцінка економічної ефективності впровадження модуля нейронної мережі для АСУТП є критичним етапом для визначення доцільності та прибутковості проекту. Цей розділ розглядає ключові аспекти оцінки економічної ефективності.

1. Вартість впровадження

Визначення витрат на впровадження включає в себе витрати на адаптацію, інтеграцію з існуючою інфраструктурою, навчання персоналу та інші витрати. Ці витрати порівнюються з очікуваними перевагами та прибутками від використання модуля.

2. Очікувані економічні вигоди

Визначення очікуваних економічних вигод включає в себе прогнозовані збільшення продуктивності, зниження витрат, підвищення якості та інші позитивні впливи на бізнес-процеси АСУТП. Оцінка вигод може включати збільшення ефективності роботи персоналу, зменшення ризиків та інші показники.

3. Період окупності (ROI)

Розрахунок періоду окупності дозволяє визначити той час, за який інвестиції у впровадження програмного продукту повернуться в формі економічних вигод. Це важливий показник для бізнесу та інвесторів.

4. Рентабельність

Рентабельність проекту розглядається як співвідношення прибутку до витрат. Це важливий аспект для визначення того, наскільки ефективно проект генерує прибуток в порівнянні з витратами на його реалізацію.

5. Внутрішній рівень доходу (IRR)

Внутрішній рівень доходу - це ставка дисконту, при якій чистий дисконтований прибуток дорівнює нулю. IRR дозволяє визначити рентабельність інвестицій та порівняти їх із ставкою дисконту або альтернативними інвестиційними можливостями.

6. Чиста приведена вартість (NPV)

Чистий теперішній вартості розраховується для визначення чистого прибутку вартості інвестицій після врахування витрат та доходів з урахуванням дисконту. Позитивний NPV вказує на прибутковість проекту.

7. Чутливість до зміни параметрів

Оцінка чутливості до зміни параметрів дозволяє визначити, наскільки проект є чутливим до змін ключових факторів, таких як витрати, прибуток, терміни тощо.

Оцінка економічної ефективності впровадження програмного продукту є комплексним завданням, що вимагає ретельного аналізу фінансових та бізнес-показників для прийняття інформованих рішень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході написання науково-дослідної роботи був проаналізований теперішній стан АСУТП секцій рудозбагачувальних секцій та запропоновано інноваційне рішення по впровадженню ПТК з використанням нейронних мереж, яке дозволить підвищити продуктивність рудозбагачувальних підприємств:

1. Оптимальне керування процесами подрібнення руди в кульових барабанних млинах (РЗФ-1) і в млинах самоздрібнювання (РЗФ-2) формується в процесі функціонування системи керування за принципом мінімуму узагальненої роботи та за синергетичним принципом із поточним оцінюванням стану керованого процесу і його майбутнього стану за прогнозуючими моделями з контролем основних збурень, що забезпечує, на відміну від відомого, підвищення ефективності процесів шляхом формування керування, інваріантного до збуреного середовища та нелінійності процесів.

2. Основні принципи функціонування та управління системами автоматизованого управління технологічними процесами (АСУТП) у ПРАТ «ІНГЗК». Особлива увага була приділена принципам планування, розробки та алгоритмізації технологічних процесів, а також засобам автоматизації проектування та процедурам оформлення робочої документації для інформаційних систем.

3. Розглянуто можливість використання нейронних мереж у системах АСУТП, дослідження практики сприяло досягненню декількох важливих результатів. В ході аналізу було досліджено процес контуру управління технологічним процесом АСУТП, виявлені особливості цього процесу у контексті використання архітектури побудови АСУТП. Також був

проведений огляд наукових джерел для аналізу сучасних методів, моделей та інформаційних технологій обробки транзакцій, включаючи використання нейронних мереж у системах АСУТП.

Крім того, під час дослідження теми були освоєні засоби проектування і моделювання інформаційних систем з можливостями використання нейронних мереж у контексті управління технологічними процесами. На основі отриманих дослідницьких даних були розроблені пропозиції для вдосконалення обробки транзакцій в інформаційних системах діючих АСУТП, спрямовані на підвищення ефективності та точності управління технологічними процесами з застосуванням нейронних мереж. Також мною отримані практичні навички розробника програмних продуктів та дослідника, що є важливим аспектом для розробки та впровадження систем управління з використанням передових технологій, включаючи нейронні мережі. Мною було ретельно вивчено заходи та технічні засоби охорони праці, навколишнього середовища та техніки безпеки, що важливо у забезпеченні стабільності та безпеки у процесі використання систем управління технологічними процесами на підприємстві.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kalman R. E. New Results in Linear Filtering and Prediction Theory / R. E. Kalman, R. S. Bucy // Journal of Baste Engineering. 1960. Vol. 82. P. 35-40.
2. Kalman R. Contributions to the theory of optimal control / R. Kalman // Boletin de la Sociedad Matem. Mexican. Segunda serie. 1960. № 1. P. 102-119.
3. Довідник з теорії автоматичного керування / Під ред. А.А. Красовского. М.: Наука, 1987. 712 с.
4. Красовский А.А., Буков В.Н., Шендрик В.С. Універсальні алгоритми оптимального управління безперервними процесами. М.: Наука, 1977. 272 с.
5. Корнієнко В.І. Підвищення точності спектральних пристроїв контролю технологічних процесів рудопідготовки / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусев // Збірник наукових праць НАУ. Проблеми інформатизації та управління. Вип. 1 (25). 2009. С. 75-81.
6. Поркуян О.В. Керування нелінійними динамічними об'єктами збагачувальних виробництв на основі гібридних моделей Гамерштейна : автореф.дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.13.07 "Автоматизація процесів керування" / О.В. Поркуян; КТУ. Кривий Ріг, 2009. 32 с.
7. Моркун В.С. Ультразвуковий контроль характеристик подрібнених матеріалів та адаптивне управління процесами подрібнення-класифікації руд на його базі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-

ра техн. наук : спец. 05.13.07 “Автоматизація технологічних процесів” / В.С. Моркун; КТУ. Кривий Ріг, 1999. 32 с.

8. Пушкар М.С., Проценко С.М. Проектування систем автоматизації. Навчальний посібник / Дніпропетровськ; НГУ, 2013 268 с.

9. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації: навчальний посібник/ Запоріжжя: ЗДІА, 2013. 322 с.

10. Міжнародний інститут бізнес-аналізу. ВАВОК, Версія 3.0. Торонто, Онтаріо, Канада. 2015. 578 с.

12. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів. Видавництво: Лура-К. ISBN: 978-966-2609-81-3. 2021. 378 с.

13. Корчемний М.О., Клендій П.Б., Потапенко М.В. Теоретичні основи автоматики. / Видавництво: Навчальна книга – Богдан., 2012. 304 с.

14. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, та Aaron Courville. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series). ISBN 978-0262035613. 2016. 776 с.

15. Aurélien Géron. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow.

16. Wes McKinney. Python для аналізу даних. Beijing, Boston, Farnham, Tokyo, 2020. 540 с.

17. Лунтовський А.О., Мельник І.В. Комп'ютерні мережі та телекомунікації. Навчальний посібник для дистанційного навчання / Університет «Україна», 2007. 274 с.

18. Саймон Хайкін. Neural Networks and Learning Machines 3rd Edition. ISBN 978-0131471399. 2008. 936с.

19. William J. Lawrence. Neural Networks: A Pathway To Deep Learning, Machine Intelligence, and Machine Learning. 2023. 159 с.

20. Bruce Brown. AI Prompt Engineering for NIST 800 RMF (Artificial Intelligence & Prompt Engineering Series). 2023. 179 с.
21. Кононюк А.Ю. нейронні мережі і генетичні алгоритми. Київ. «Корнійчук», 2008. 446 с.
22. Дмитрієнко В.Д., Заковоротний О.Ю., Носков В.І., Мезенцев М.В. ОСНОВИ НЕЙРОКОМП'ЮТИНГУ. Навчально-методичний посібник до практичних занять для студентів денної та заочної форм навчання за напрямками «Комп'ютерна інженерія» та «Комп'ютерні науки». Харків. Вид. центр «НТМТ», 2014. 139 с.
23. Сейєрс Ейдан., Іан Міллан. Docker на практиці. 2020. 516 с.
24. Едрієн Моует. Використання Docker. O'Reilly., 2017. 300 с.
25. Чумаченко О.І. Комплексування декількох алгоритмів при вирішенні задачі прогнозування / О.І.Чумаченко, В.С. Горбатюк // Тези доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2016». Житомир, ЖДТУ, Україна. (22–23 квітня 2016 р.).Житомир: ЖДТУ. 2016. С. 95–96.
26. Добровська Л.М., Добровська І.А. Теорія та практика нейронних мереж / Навчальний посібник. Київ НТУУ. 2015. 396 с.
27. Quan Nguyen. Bayesian Optimization in Action. ISBN 978-1633439078. Видавництво: Manning Publications Co. 2023. 424 с.
28. Рой Девіс., Метью Тйорк. Усе про Комп'ютерний зір. Передові методи та глибинне навчання. 2022. 690 с.
29. Sébastien Goasguen. Docker Cookbook 1st Edition. 2015. 343 с.
30. Кріс Річардсон. Мікросервіси. Патерни розробки та рефакторингу. ISBN: 2000988814079 / 2019. 544 с.

ДОДАТОК А. ВІДОМОСТІ РОБОТИ

Формат	№п/п	Назва документу	Найменування об'єкту або виробу	Кількість сторінок
A4	1	Пояснювальна записка	КЦТПАР.122-22-1м.01.00.КР.ПЗ	111
Графічна частина				
A4	2	Актуальність, об'єкт, предмет дослідження	КЦТПАР.122-22-1м.02.00.КР.ПЛ	1
A4	3	Аналіз систем управління процесами дроблення руди	КЦТПАР.122-22-1м.03.00.КР.ПЛ	3
A4	4	Розробка математичної моделі для вдосконалення існуючих АСУТП подрібнення руди на основі нейронних мереж	КЦТПАР.122-22-1м.04.00.КР.ПЛ	1
A4	5	Діаграма прецедентів (USE CASE) для АСУТП секції	КЦТПАР.122-22-1м.05.00.КР.ПЛ	1
A4	6	Розробка програмно-технологічного комплексу з використанням нейронних мереж	КЦТПАР.122-22-1м.06.00.КР.ПЛ	1
A4	7	Проведення та аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень	КЦТПАР.122-22-1м.07.00.КР.ПЛ	2
A4	8	Економічні розрахунки	КЦТПАР.122-22-1м.08.00.КР.ПЛ	1

А4	9	Загальні висновки	КЦТПАР.122- 22- 1м.09.00.КР.ПЛ	1
----	---	-------------------	--------------------------------------	---

ДОДАТОК Б. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА СТВОРЕННЯ ПТК

Технічне завдання на створення Програмно-технічного комплексу (ПТК) для визначення крупності руди та густини зливу барабанного млина з використанням нейронних мереж та інтеграції з діючими АСУТП з використанням технології Docker

1. Загальний опис проекту

1.1 Мета проекту: Розробка та впровадження програмно-технічного комплексу для автоматизованого визначення крупності руди та густини зливу барабанного млина з використанням нейронних мереж та інтеграції результатів в діючі системи автоматизованого управління технологічним процесом (АСУТП).

1.2 Задачі проекту:

- Розробка нейронної мережі для визначення крупності руди на основі вхідних даних з візуальних сенсорів.
- Розробка нейронної мережі для визначення густини зливу барабанного млина на основі даних вимірювань.
- Реалізація інтеграції обох нейронних мереж у вигляді окремих модулів ПТК.
- Розробка інтерфейсу для взаємодії з користувачем та відображення результатів визначень.

1.3 Технічні вимоги:

- Використання технології Docker для ізоляції та розгортання нейронних мереж.
- Забезпечення високої точності та швидкості визначення параметрів (крупність руди, густина зливу).
- Інтеграція з існуючими АСУТП системами.

2. Опис функціональності ПТК

2.1 Нейронна мережа для визначення крупності руди:

- Навчання мережі на наборі зображень руди різної крупності.
- Інтеграція навченої мережі у ПТК.
- Визначення крупності руди на основі вхідних візуальних даних.

2.2 Нейронна мережа для визначення густини зливу:

- Навчання мережі на наборі даних про густину зливу в залежності від технологічних умов.
- Інтеграція навченої мережі у ПТК.
- Визначення густини зливу на основі вхідних вимірювань.

2.3 Інтеграція з існуючими АСУТП системами:

- Розробка АРІ для обміну даними між ПТК та АСУТП.
- Забезпечення можливості включення та виключення ПТК через інтерфейс АСУТП.
- Збереження та передача результатів визначень у форматі, придатному для подальшого використання АСУТП.

3. Архітектура системи

3.1 Компоненти ПТК:

- Docker-контейнер для нейронної мережі крупності руди.
- Docker-контейнер для нейронної мережі густини зливу.
- Інтерфейс користувача для взаємодії та відображення результатів.
- АРІ для взаємодії з АСУТП.

3.2 Взаємодія компонентів:

- Нейронні мережі співпрацюють з інтерфейсом та АРІ для обміну даними.
- Вхідні дані подаються через АРІ, а результати визначень передаються назад у АСУТП.

4. Терміни реалізації

4.1 Етапи розробки:

- Розробка та навчання нейронних мереж - до 6 місяців.
- Реалізація інтерфейсу та АРІ - до 3 місяців.
- Тестування та вдосконалення ПТК - до 2 місяців.

4.2 Строки:

- Початок проекту - "дата початку".
- Завершення проекту - "дата завершення".

5. Вимоги до технічної підтримки

5.1 Підтримка та обслуговування:

- Забезпечення можливості оновлення нейронних мереж без втрати продуктивності.
- Технічна підтримка та консультації щодо експлуатації.

6. Бюджет

6.1 Приблизний бюджет:

- Розробка та навчання нейронних мереж – 125 тис. грн.
- Реалізація інтерфейсу та API – 1 321 тис. грн.
- Тестування та вдосконалення ПТК – 150 тис .грн.

7. Відповідальні особи

7.1 Відповідальні особи за проект:

- Керівник проекту: [Директор з інжинірингу].
- Відповідальний за розробку нейронних мереж: [Головний спеціаліст з ІТ].
- Відповідальний за інтеграцію з АСУТП: [Начальник РЗФ-1 і РЗФ-2].

ДОДАТОК В. МОДЕЛЬ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ (CNN) ДЛЯ
ОБРОБКИ ФОТОГРАФІЙ ШМАТКІВ РУДИ КОНВЕЄРНОЇ СТРИЧКИ
НАПИСАНОЇ НА МОВІ PYTHON

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Conv2D, MaxPooling2D, Flatten, Dense

# Задаємо архітектуру моделі
model = Sequential()

# Додаємо згорткові шари
model.add(Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(img_width,
img_height, 3)))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

model.add(Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))

# Перетворюємо вектор признаков у вектор
model.add(Flatten())

# Додаємо повнозв'язаний шар для класифікації
model.add(Dense(128, activation='relu'))
model.add(Dense(1, activation='linear')) # Лінійна активаційна функція
для регресії

# Компілюємо модель
model.compile(optimizer='adam', loss='mean_squared_error',
metrics=['mae'])
```

Цей код створює базову згорткову нейронну мережу за допомогою бібліотеки TensorFlow/Keras.

Потрібно замінити `img_width` та `img_height` реальними розмірами зображень, а також використати відповідний набір даних для навчання моделі (`train_images`, `train_labels`).

Також слід врахувати, що цей код може вимагати додаткової настройки та оптимізації параметрів для досягнення кращих результатів на реальних даних.

Створення бази даних для навчання моделі для визначення середньої крупності руди по фотографіях може включати декілька етапів:

1. Збір даних: Отримання фотографій руди різної крупності. Фотографії повинні мати мітки або теги, які вказують на крупність руди на зображенні (наприклад, числові значення або категорії - "дуже мала", "мала", "середня", "велика" тощо).
2. Підготовка даних: Фотографії можна змінити до необхідного розміру та формату. Нормалізація розмірів існуючих зображень може бути корисною для покращення швидкості навчання.
3. Розділення даних: Розділіть дані на тренувальний, перевірочний та тестовий набори. Наприклад, 70% даних може бути використано для тренування, 15% для перевірки та 15% для тестування моделі.
4. Створення міток: Забезпечте кожному зображенню відповідну мітку, яка вказує на крупність руди на зображенні.
5. Завантаження даних: Налаштуйте структуру папок, щоб зберігати зображення та файли з мітками.

ДОДАТОК Г. ПРОГРАМА НА МОВІ PYTHON ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА
ПІДГОТОВКИ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ БІБЛІОТЕКИ
TENSORFLOW.KERAS.PREPROCESSING.IMAGE

```
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator

# Шлях до папки з зображеннями
train_data_dir = 'path/to/training_data'
validation_data_dir = 'path/to/validation_data'

# Змінюємо розмір зображень
img_width, img_height = 150, 150

# Завантаження та підготовка даних
train_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255) # Нормалізація значень пікселів
train_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    train_data_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=32,
    class_mode='categorical' # Вибрати відповідний режим залежно від типу
міток
)

validation_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
validation_generator = validation_datagen.flow_from_directory(
    validation_data_dir,
    target_size=(img_width, img_height),
    batch_size=32,
    class_mode='categorical'
)
```

У цьому коді *ImageDataGenerator* використовується для автоматичної обробки та нормалізації зображень з відповідних папок.

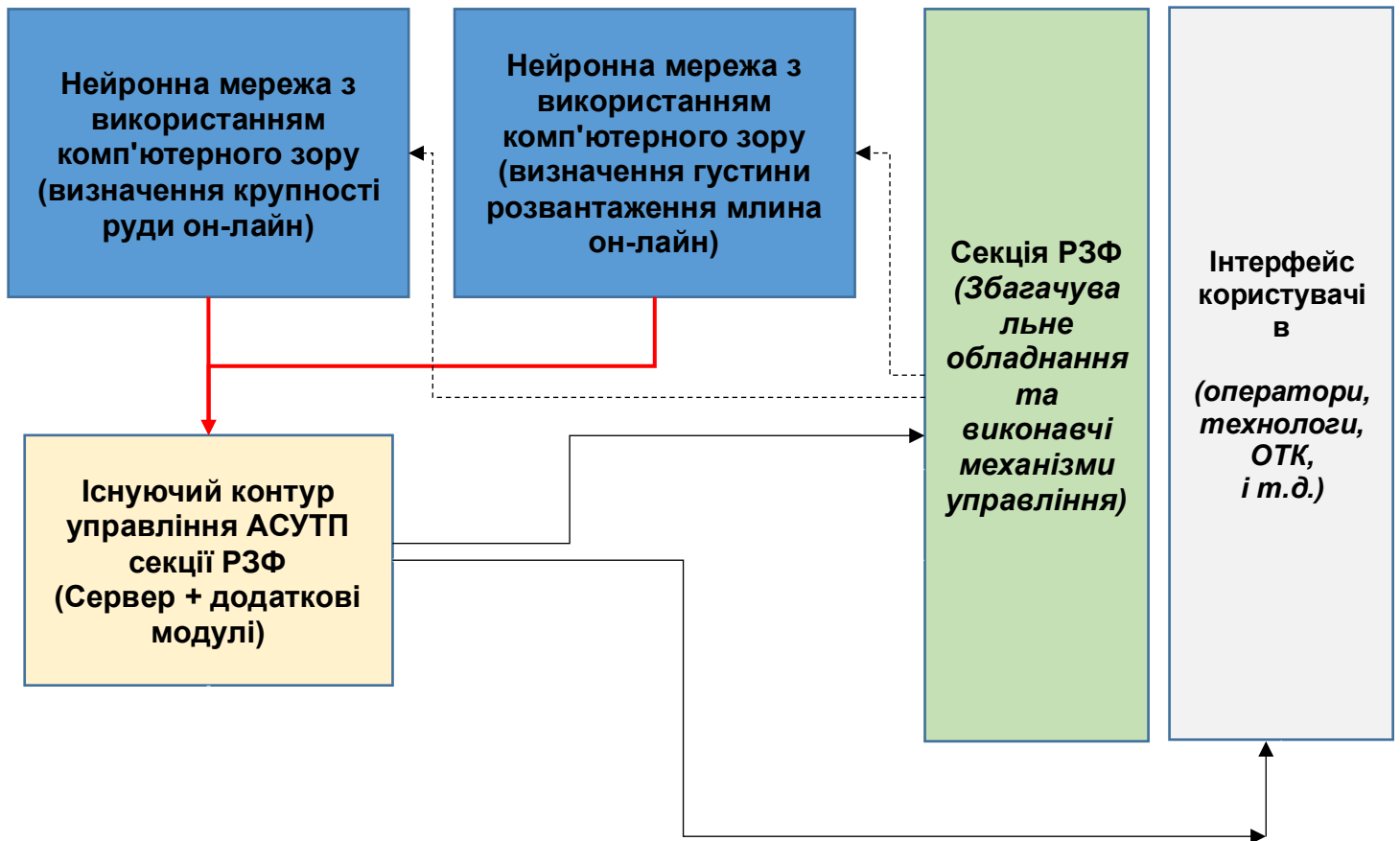
Функція *flow_from_directory* завантажує дані з вказаних папок та автоматично створює мітки для класифікації.

Також замінюємо *'path/to/training_data'* та *'path/to/validation_data'* на шляхи до в папок з даними фотографій шматків руди конвеєрної стрічки.

ДОДАТОК Д. ПРОПОНОВАНА СХЕМА АРХІТЕКТУРИ WEB-СЕРВІСУ ПТК

Пропонується архітектуру Web-сервіс розробити на Docker:

- websocket-service. Для додавання можливості websocket працювати з кількома виконавцями це посередник між websocket у вікні браузера і Docker-контейнером database.
- data-service. Сервіс спілкування з камерою, розпізнавання шматочків руди на зображеннях, отримання метрик у термінах кусків містить розроблену модель.
 - front. Nginx-проксі для доступу до системи.
 - database. Образ доступу до накопиченої бази даних.
 - front-service. Образ веб-інтерфейсу, а також доступ до API.



ДОДАТОК Е. КОД МОВІ PYTHON СТВОРЕННЯ ФАЙЛУ КОНФІГУРАЦІЇ ДЛЯ NGINX

```
server {  
    listen 80;  
    server_name your_domain.com www.your_domain.com;  
  
    location /app1/ {  
        proxy_pass http://your_app1:app1_port/;  
        proxy_set_header Host $host;  
        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;  
        proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;  
        proxy_set_header X-Forwarded-Proto $scheme;  
    }  
  
    location /app2/ {  
        proxy_pass http://your_app2:app2_port/;  
        proxy_set_header Host $host;  
        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;  
        proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;  
        proxy_set_header X-Forwarded-Proto $scheme;  
    }  
  
    # Додайте інші конфігурації за необхідності  
}
```

ДОДАТОК Є. КОД МОВИ PYTHON ДЛЯ СТВОРЕННЯ
DOCKERFILE ДЛЯ КОНФІГУРАЦІЇ КОНТЕЙНЕРА
З ВИКОРИСТАННЯМ ФРЕЙМВОРКУ DJANGO

```
# Використовуйте офіційний образ Python  
FROM python:3.9  
  
# Встановить системні залежності  
RUN apt-get update && apt-get install -y \  
    python3-dev \  
    libpq-dev \  
    gettext \  
    && apt-get clean \  
    && rm -rf /var/lib/apt/lists/*  
  
# Створить та встановить віртуальне середовище  
RUN python -m venv /venv  
ENV PATH="/venv/bin:$PATH"  
  
# Створить та встановить робочий каталог  
WORKDIR /app  
  
# Скопіюйте файли залежностей та встановить їх  
COPY requirements.txt .  
RUN pip install --no-cache-dir -r requirements.txt  
  
# Скопіюйте весь проект в контейнер  
COPY . .  
  
# Запустить Django сервер на порті 8000  
CMD ["python", "manage.py", "runserver", "0.0.0.0:8000"]
```

ДОДАТОК Ж. КОД НА МОВІ PYTHON ДЛЯ СТВОРЕННЯ DOCKERFILE ДЛЯ MYSQL.

```
# Використовуйте офіційний образ MySQL
FROM mysql:latest
```

```
# Створіть робочий каталог
WORKDIR /app
```

```
# Копіюйте скринти для ініціалізації бази даних
COPY init.sql /docker-entrypoint-initdb.d/
```

```
# Задайте змінні оточення для MySQL (необхідно налаштувати свої дані)
ENV MYSQL_ROOT_PASSWORD=root_password
ENV MYSQL_DATABASE=my_database
ENV MYSQL_USER=my_user
ENV MYSQL_PASSWORD=my_password
```

Тепер створюємо файл `docker-compose.yml`, щоб налаштувати контейнер та його середовище:

```
version: '3'

services:
  mysql:
    build:
      context: .
    ports:
      - "3306:3306"
    environment:
      MYSQL_ROOT_PASSWORD: root_password
      MYSQL_DATABASE: my_database
      MYSQL_USER: my_user
      MYSQL_PASSWORD: my_password
    volumes:
      - mysql-data:/var/lib/mysql

volumes:
  mysql-data:
```

ДОДАТОК 3. КОД НА МОВІ PYTHON СТВОРЕННЯ DOCKER
COMPOSE ДЛЯ ОПИСУ ТА КОНФІГУРАЦІЇ КОНТЕЙНЕРІВ У СЕРВІСІ,
ЯКИЙ ВКЛЮЧАЄ В СЕБЕ ВЕБ-ДОДАТОК DJANGO, БАЗУ ДАНИХ MYSQL
ТА ОБЕРТАЧ (REVERSE PROXY) NGINX

```
version: '3'

services:
  django-app:
    build:
      context: ./django-app
    ports:
      - "8000:8000"
    depends_on:
      - mysql-db
  mysql-db:
    image: mysql:latest
    environment:
      MYSQL_ROOT_PASSWORD: root_password
      MYSQL_DATABASE: my_database
      MYSQL_USER: my_user
      MYSQL_PASSWORD: my_password
    volumes:
      - mysql-data:/var/lib/mysql
  nginx-proxy:
    image: nginx:latest
    ports:
      - "80:80"
    volumes:
      - ./nginx/nginx.conf:/etc/nginx/nginx.conf
    depends_on:
      - django-app
volumes:
  mysql-data:
networks:
  default:
    external:
      name: nginx-proxy
```

ДОДАТОК И. КОД НА МОВІ PYTHON СТВОРЕННЯ
КОНТЕЙНЕРУ DOCKER-COMPOSE.YML
ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ PROMETHEUS ТА GRAFANA

```
version: '3'
```

```
services:
```

```
  django-app:
```

```
    build:
```

```
      context: ./django-app
```

```
    ports:
```

```
      - "8000:8000"
```

```
    depends_on:
```

```
      - mysql-db
```

```
  mysql-db:
```

```
    image: mysql:latest
```

```
    environment:
```

```
      MYSQL_ROOT_PASSWORD: root_password
```

```
      MYSQL_DATABASE: my_database
```

```
      MYSQL_USER: my_user
```

```
      MYSQL_PASSWORD: my_password
```

```
    volumes:
```

```
      - mysql-data:/var/lib/mysql
```

```
  nginx-proxy:
```

```
    image: nginx:latest
```

```
    ports:
```

```
      - "80:80"
```

```
    volumes:
```

```
      - ./nginx/nginx.conf:/etc/nginx/nginx.conf
```

```
    depends_on:
```

```
      - django-app
```

```
  prometheus:
```

```
    image: prom/prometheus
```

```
    ports:
```

```
      - "9090:9090"
```

```
volumes:  
  - ./prometheus/prometheus.yml:/etc/prometheus/prometheus.yml
```

```
grafana:  
  image: grafana/grafana  
  ports:  
    - "3000:3000"  
  environment:  
    - GF_SECURITY_ADMIN_PASSWORD=admin_password  
  depends_on:  
    - prometheus
```

```
volumes:  
  mysql-data:
```

```
networks:  
  default:  
    external:  
      name: nginx-proxy
```

ДОДАТОК І. КОД ПРОГРАМИ НА МОВІ PYTHON ДЛЯ СТВОРЕННЯ ФАЙЛІВ КОНФІГУРАЦІЇ ДЛЯ PROMETHEUS ТА GRAFANA

```
./prometheus/prometheus.yml:  
global:  
  scrape_interval: 15s  
  
scrape_configs:  
  - job_name: 'django-app'  
    static_configs:  
      - targets: ['django-app:8000']  
  
  - job_name: 'nginx-proxy'  
    static_configs:  
      - targets: ['nginx-proxy:80']  
./grafana/provisioning/datasources/datasource.yml:  
apiVersion: 1  
datasources:  
- name: Prometheus  
  type: prometheus  
  url: http://prometheus:9090  
  access: proxy  
  isDefault: true  
./grafana/provisioning/dashboards/dashboard.yml:  
apiVersion: 1  
providers:  
- name: 'default'  
  orgId: 1  
  folder: ''  
  type: file  
  disableDeletion: false  
  updateIntervalSeconds: 10  
  options:  
    path: /etc/grafana/provisioning/dashboards
```

ДОДАТОК К. КОД ПРОГРАМИ НА МОВІ PYTHON ДЛЯ НАЛАШТУВАННЯ МЕРЕЖІ

```
version: '3'
```

```
services:
```

```
  django-app:
```

```
    build:
```

```
      context: ./django-app
```

```
    ports:
```

```
      - "8000:8000"
```

```
    depends_on:
```

```
      - mysql-db
```

```
    networks:
```

```
      - my-network
```

```
mysql-db:
```

```
  image: mysql:latest
```

```
  environment:
```

```
    MYSQL_ROOT_PASSWORD: root_password
```

```
    MYSQL_DATABASE: my_database
```

```
    MYSQL_USER: my_user
```

```
    MYSQL_PASSWORD: my_password
```

```
  volumes:
```

```
    - mysql-data:/var/lib/mysql
```

```
  networks:
```

```
    - my-network
```

```
nginx-proxy:
```

```
  image: nginx:latest
```

```
  ports:
```

```
    - "80:80"
```

```
  volumes:
```

```
    - ./nginx/nginx.conf:/etc/nginx/nginx.conf
```

```
  depends_on:
```

```
    - django-app
```

```
  networks:
```

```
    - my-network
```

prometheus:

image: prom/prometheus

ports:

- "9090:9090"

volumes:

- ./prometheus/prometheus.yml:/etc/prometheus/prometheus.yml

networks:

- my-network

grafana:

image: grafana/grafana

ports:

- "3000:3000"

environment:

- GF_SECURITY_ADMIN_PASSWORD=admin_password

depends_on:

- prometheus

networks:

- my-network

networks:

my-network:

driver: bridge

volumes:

mysql-data:

ДОДАТОК Л. КОД ПРОГРАМИ НА МОВІ PYTHON ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ DOCKER CONFIGS (ДЛЯ DOCKER COMPOSE)

```
version: '3'

services:
  django-app:
    build:
      context: ./django-app
      dockerfile: Dockerfile
    ports:
      - "8000:8000"
    depends_on:
      - mysql-db
    networks:
      - my-network
    configs:
      - source: django-config
        target: /app/config.ini
  mysql-db:
    image: mysql:latest
    environment:
      MYSQL_ROOT_PASSWORD: root_password
      MYSQL_DATABASE: my_database
      MYSQL_USER: my_user
      MYSQL_PASSWORD: my_password
    volumes:
      - mysql-data:/var/lib/mysql
    networks:
      - my-network
  configs:
    django-config:
      file: ./config.ini
networks:
  my-network:
    driver: bridge
volumes:
  mysql-data:
```

ДОДАТОК М. КОД ПРОГРАМИ НА МОВІ PYTHON ДЛЯ СТВОРЕННЯ КОНТЕЙНЕРУ DEPLOYMENT, ЯКИЙ ВИКОРИСТОВУЄ CONFIGMAP

```

apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: django-app-deployment
spec:
  replicas: 1
  selector:
    matchLabels:
      app: django-app
  template:
    metadata:
      labels:
        app: django-app
    spec:
      containers:
        - name: django-app
          image: your-django-app-image:latest
          ports:
            - containerPort: 8000
          volumeMounts:
            - name: config-volume
              mountPath: /app/config.ini
              subPath: config.ini
      volumes:
        - name: config-volume
          configMap:
            name: django-app-config
---
apiVersion: v1
kind: ConfigMap
metadata:
  name: django-app-config
data:
  config.ini: |
    # Ваші конфігураційні параметри тут

```