

Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

2026_Ваньчак В.І._ФІТ_ІТТС_ІСТ-22-1

Автор

Ваньчак В.І.

Науковий керівник / Експерт

Паньків Ю.В.

ІД документу

334290949

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

підрозділ

Каф. ІТТС

ЗВІТ

Дата звіту

6/12/2026

Дата редагування

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

3.34%

3.34%

КП 1

12289

Кількість слів

1.05%

1.05%

КЦ

100582

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв



0

Інтервали



0

Мікропробіли



2

Білі знаки



13

Парафрази (SmartMarks)



13

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)

КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ
(ФРАГМЕНТІВ)

1	2025_Лагойда_В.С._ФІТ_ІТТС_ІСТ_21_1 6/20/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	53 (0.43 %)
2	2026_Гринішак_В.С._ФІТ_ІТТС_ІСТ-22-1 6/11/2026 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	40 (0.33 %)
3	2025_Зубків_Б.В._ФІТ_ІТТС_ІСТ-21-1 6/21/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	22 (0.18 %)
4	2025_Зубків_Б.В._ФІТ_ІТТС_ІСТ-21-1 6/21/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	18 (0.15 %)
5	https://duikt.edu.ua/repozitorii/ipz/2025/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%96%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D1%96%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%20%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D0%AF.%D0%90.%202025%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf	17 (0.14 %)
6	https://studwork.org/shop/164876-avtomatizaciya-sistemy-kontrolya-i-ucheta-zayavok-abonentov-na-podklyuchenie-k-seti-internet-dlya-ooo-starlink-telekom	17 (0.14 %)
7	2025_Дем'янчук_А.Р._ФІТ_ІТТС_ІСТ-21-1 6/17/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	15 (0.12 %)
8	http://samzan.ru/212854	15 (0.12 %)
9	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-33509-0_60	15 (0.12 %)
10	2026_Гринішак_В.С._ФІТ_ІТТС_ІСТ-22-1 6/11/2026 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	14 (0.11 %)

Домашня база даних (1.87 %)



#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	2025_Зубків_Б.В._ФІТ_ІТТС_ІСТ-21-1 6/21/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	84 (8) (0.68 %)
2	2025_Лагойда_В.С._ФІТ_ІТТС_ІСТ_21_1 6/20/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	72 (4) (0.59 %)
3	2026_Гринішак_В.С._ФІТ_ІТТС_ІСТ-22-1 6/11/2026 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	59 (3) (0.48 %)
4	2025_Дем'янчук_А.Р._ФІТ_ІТТС_ІСТ-21-1 6/17/2025 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Каф. ІТТС)	15 (1) (0.12 %)

Програма обміну базами даних (0.17 %)



#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
5	Дипломна робота Семенцов Д. 12/6/2024 Круги Ріх National University (Кафедра комп'ютерних систем та мереж)	11 (1) (0.09 %)

6 КР.ТКД.Кобзар.Яриш 10 (1) (0.08 %)
4/21/2026
Separate structural subdivision "Lviv Printing Professional College of Ukrainian Academy of Printing"
(Separate structural subdivision «Lviv Printing Vocational College of Lviv Polytechnic National University»)

Інтернет (1.3 %)



#	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
7	http://samzan.ru/212854	40 (4) (0.33 %)
8	https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10672-021-09393-z	19 (3) (0.15 %)
9	https://duikt.edu.ua/repozitorii/ipz/2025/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%96%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D1%96%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%20%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D0%AF%D0%90.%202025%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf	17 (1) (0.14 %)
10	https://studwork.org/shop/164876-avtomatizaciya-sistemy-kontrolya-i-ucheta-zayavok-abonentov-na-podklyuchenie-k-seti-internet-dlya-ooo-starlink-telekom	17 (1) (0.14 %)
11	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-33509-0_60	15 (1) (0.12 %)
12	https://metod.vntu.edu.ua/getfile.php/1437.pdf	12 (2) (0.1 %)
13	http://bip.us.edu.pl/sites/bip.us.edu.pl/files/prawo/zal20111502_lit.pdf	10 (1) (0.08 %)
14	https://iq.vntu.edu.ua/repository/getfile.php/2011.pdf	10 (1) (0.08 %)
15	https://iq.vntu.edu.ua/repository/getfile.php/3348.pdf	8 (1) (0.07 %)
16	https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/1186747_1c9a6f0b5c074b19af5d76259025dd1f.html	7 (1) (0.06 %)
17	https://www.zdamsam.ru/b1516.html	5 (1) (0.04 %)

Список прийнятих фрагментів

#	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
---	-------	---------------------------------------

1

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Ваньчак Віталій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004.056:004.738.5
(індекс)

1 БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розроблення інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів
(назва роботи)

Інформаційні системи та технології
(назва освітньої програми)

126 - Інформаційні системи та технології

(шифр і назва спеціальності)

9 Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:

Здобувач освітнього ступеня _____ Ваньчак В.І.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ Паньків Юрій Володимирович, к.т.н., доцент

3 (підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника) Допущено до захисту _____ Завідувач кафедри

В. о. завідувача кафедри ІТТС О. Л. Заміховська (посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище) Івано-Франківськ - 2026 Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Інститут, факультет _____

Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем _____

Освітній рівень бакалавр _____ Напрямок підготовки 126 - Інформаційні системи та технології

3 ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. зав. кафедри ІТТС к.т.н., доц.

О.Л.Заміховська

" ____ " _____ 2026 _____

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТОВІ

Ваньчак Віталій Ігорович

15 (прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи "Розроблення інформаційної системи онлайн -моніторингу перебігу технологічних процесів" _____

керівник роботи _____ Паньків Ю.В. доц. каф. ІТТС

затверджені наказом вищого навчального закладу від " ____ " _____ червня 2026 _____ р. No _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) " ____ " _____ червня 2026 _____ р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ офіційна документація по технології React, PostgreSQL. _____

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

1. Дослідження теоретичних основ онлайн-моніторингу технологічних процесів, аналіз методів статистичного контролю та архітектурних особливостей інформаційних систем моніторингу.
2. Аналіз сучасних систем онлайн-моніторингу технологічних процесів, обґрунтування вибору методів, інструментів та засобів розроблення інформаційної системи.
3. Розроблення прототипу інформаційної системи онлайн-моніторингу технологічних процесів, оцінка її ефективності та визначення напрямів подальшого вдосконалення.

4 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): КРБ 03.00.00.000 С3 - Діаграма варіантів використання інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів. Схема функціональна. _____

КРБ 03.00.00.000 С2 - Діаграма архітектури інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів. Схема структурна.

КРБ 03.00.00.000 С1 - Діаграма діяльності інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів. Схема алгоритму функціонування.

1 5. Консультанти розділів роботи

Розділ _____ Консультант _____ 12 (підпис, дата)

Завдання видав _____ Завдання прийняв _____

1 12 к.т.н., доц. каф. ІТТС Паньків Ю.В.

2 2 к.т.н., доц. каф. ІТТС Паньків Ю.В.

2 3 к.т.н., доц. каф. ІТТС Паньків Ю.В.

6. Дата видачі завдання _____ 10 квітня 2026 _____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

No з/п Назва етапів дипломного проекту (роботи) Строк виконання етапів проекту Примітка

1 Отримання завдання бакалаврської роботи 10.04.2026 _____ виконано 2 Аналіз теми та підбір літературних джерел 14.04.2026 _____

виконано 3 Визначення об'єкта, предмета, мети та завдань дослідження 18.04.2026 _____ виконано 4 Написання основного тексту роботи та

попереднє оформлення 06.05.2026 _____ виконано 5 Формування списку використаних джерел 11.05.2026 _____ виконано 6 Подання роботи

науковому керівникові для написання відгуку 15.06.2026 _____ виконано 7 Доопрацювання та остаточне оформлення роботи з урахуванням

зауважень керівника 17.06.2026 _____ виконано

Студент _____

Ваньчак В.І.

(Особистий підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

Паньків Ю.В.

(Особистий підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота: 65 сторінок, 14 рисунків, 8 таблиць, 40 посилань на джерела.

У бакалаврській роботі запропоновано розроблення інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів.

Розроблення такої інформаційної системи дозволяє автоматизувати процес збору, аналізу та обробки даних про стан технологічних процесів у режимі реального часу. Система забезпечує оперативний контроль параметрів виробничого середовища, підвищує ефективність управління технологічними процесами та сприяє зменшенню ризиків виникнення аварійних ситуацій і виробничих помилок.

У роботі досліджено сучасні підходи до цифрового моніторингу технологічних процесів, статистичні методи контролю, принципи безперервної інженерії процесів та особливості створення інформаційних систем для підтримки функціонування підприємств. Проведено аналіз сучасних програмних рішень і технологій автоматизації моніторингу.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ОНЛАЙН-МОНІТОРИНГ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЦИФРОВИЙ КОНТРОЛЬ, ОБРОБКА ДАНИХ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, БЕЗПЕРЕРВНА ІНЖЕНЕРІЯ ПРОЦЕСІВ.

ABSTRACT

Bachelor's Thesis: 65 pages, 14 figures, 8 tables, 40 references.

This bachelor's thesis proposes the development of an information system for online monitoring of technological processes.

The development of such an information system enables automation of data collection, analysis, and processing related to technological processes in real time. The system provides operational control of production environment parameters, improves the efficiency of technological process management, and helps reduce the risks of emergency situations and production errors.

The thesis examines modern approaches to digital monitoring of technological processes, statistical methods of process control, principles of continuous process engineering, and the specifics of creating information systems for enterprise operation support. Modern software solutions and automation technologies for monitoring systems are analyzed.

Keywords: INFORMATION SYSTEM, ONLINE MONITORING, TECHNOLOGICAL PROCESSES, AUTOMATION, DIGITAL CONTROL, DATA PROCESSING, SOFTWARE, CONTINUOUS PROCESS ENGINEERING.

ЗМІСТ

ВСТУП 8

1	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОНЛАЙН-МОНІТОРИНГУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	14
1.1	Теоретичні основи онлайн-моніторингу технологічних процесів	14
1.2	Статистичні методи моніторингу та контролю технологічних процесів: тенденції та проблеми	18
1.3	Функціональні аспекти та архітектура систем моніторингу технологічних процесів	24
2	МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	29
2.1	Огляд сучасних систем онлайн-моніторингу технологічних процесів	29
2.2	Безперервна інженерія процесів у системах онлайн-моніторингу	33
2.3	Методи інтеграції та підтримки безперервного моніторингу технологічних процесів	37
3	РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОНЛАЙН-МОНІТОРИНГУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	42
3.1	Розроблення прототипу системи моніторингу та контролю технологічних процесів	42
3.2	Концептуальне моделювання факторів ефективності цифрового моніторингу	48
3.3	Результати дослідження та перспективи подальшого розвитку системи	59
	ВИСНОВКИ	64
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
	ДОДАТКИ	68

ВСТУП

Сучасний розвиток промисловості, автоматизованих виробничих комплексів та цифрових технологій вимагає постійного вдосконалення підходів до контролю й управління технологічними процесами. Підприємства різних галузей активно впроваджують інформаційні системи онлайн-моніторингу для забезпечення безперервного спостереження за параметрами виробництва, оперативного реагування на відхилення та підвищення ефективності функціонування обладнання.

Актуальність теми зумовлена необхідністю автоматизації процесів моніторингу та контролю технологічних систем, що дозволяє підвищити ефективність виробництва, зменшити кількість аварійних ситуацій, скоротити витрати ресурсів та забезпечити стабільність функціонування підприємства. Існуючі системи моніторингу часто мають обмежену функціональність, складність інтеграції з сучасними цифровими платформами та недостатній рівень адаптивності до змін виробничих умов.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів на основі сучасних інформаційних технологій для забезпечення оперативного контролю, аналізу параметрів функціонування та підтримки прийняття рішень.

Основними завданнями для виконання бакалаврської роботи є:

- дослідження теоретичних основ моніторингу та контролю технологічних процесів.
- аналіз статистичних методів моніторингу та сучасних підходів до цифрового контролю виробничих систем.
- порівняння існуючих інформаційних систем онлайн-моніторингу та визначення їх переваг і недоліків.
- дослідження методів безперервної інженерії процесів та сучасних технологій автоматизації.

- проектування структури інформаційної системи та реалізація її функціональних модулів;
- створення програмного прототипу системи моніторингу;

Об'єктом дослідження є процеси онлайн-моніторингу та контролю технологічних процесів на підприємствах із використанням сучасних інформаційних технологій.

Предметом дослідження є методи, моделі, програмні засоби та технології розроблення інформаційних систем онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів, а також інструменти аналізу та обробки даних у реальному часі.

Методи дослідження включають аналіз наукових джерел, методи математичного та статистичного аналізу, моделювання інформаційних потоків, програмування, тестування програмного забезпечення та оцінювання ефективності інформаційних систем.

Практична цінність роботи полягає у можливості використання розробленої інформаційної системи для автоматизації моніторингу технологічних процесів на підприємствах різних галузей промисловості.

Розроблена система може бути використана як у навчальному процесі для вивчення сучасних технологій моніторингу та автоматизації, так і у практичній діяльності підприємств для підтримки функціонування виробничих процесів.

Оригінальність розробленої інформаційної системи полягає у:

- використанні сучасних технологій онлайн-моніторингу.
- інтеграції засобів статистичного аналізу та контролю процесів.
- можливості безперервного збору та обробки даних у режимі реального часу.

Очікується, що впровадження розробленої інформаційної системи сприятиме підвищенню ефективності контролю технологічних процесів, зниженню виробничих ризиків, покращенню якості продукції та оптимізації роботи підприємства загалом.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОНЛАЙН-МОНІТОРИНГУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1 Теоретичні основи онлайн-моніторингу технологічних процесів

Автоматизовані робочі місця широко розглядаються як важливі фабрики майбутнього завдяки їхній гнучкості та ефективності. Попит на оброблені деталі з точнішою обробкою поверхні та вищою точністю обробки призвів до потреби в кращому, точнішому контролі автоматизованих процесів обробки [1], головним чином через посилення глобальної конкуренції, скорочення життєвих циклів продукції та диверсифікований попит на продукцію [2]. Щоб задовольнити зростаючий попит, виробники все частіше звертаються до автоматизованих систем обробки, які можуть зменшити залежність від операторів під час виробництва.

Реалізація автоматизованих систем обробки залежить головним чином від надійних та стійких систем моніторингу, які використовуються для онлайн- та офлайн-моніторингу критичних процесів обробки.

Датчики - це широко використовувані фізичні пристрої, які реагують на фізичний подразник, видаючи електричний вихідний сигнал. Як показано на рисунку 1.1, сучасні контрольно-вимірювальні системи оснащені багатьма різними датчиками, кожен з яких має свою окрему функцію. Кожен датчик у системі моніторингу може незалежно вимірювати певний параметр і використовувати спеціальний алгоритм обробки сигналів для об'єднання всіх незалежних вимірювань у повне значення вимірювання. Такий тип системи називається мультисенсорною системою [3].

Наприклад, шляхом впровадження мультисенсорної системи для моніторингу та керування операціями різання металу та верстатами можна досягти значного зменшення помилок обробки та покращення якості поверхні. Цей метод все частіше використовується для дешевших, потужних мікропроцесорів. Тим часом, сенсорні прилади роблять використання систем обробки сигналів та цифрового замкнутого циклу досить економічним [4]. Тому мультисенсорна система є важливим компонентом для досягнення вищої точності обробки.

Рис. 1.1 - Структура інтелектуальної мультисенсорної системи.

У мультисенсорній системі ключем до досягнення функціональності системи є координація всіх датчиків. На рисунку 1.1 ілюструється загальна структура інтелектуальної системи з мультисенсорними можливостями. У мультисенсорній системі датчики надають дані вимірювань на рівень об'єднання даних, який використовує передові алгоритми обробки сигналів для об'єднання інформації в ціле. Тим часом, керуюча програма надає достатні керуючі сигнали виконавчому механізму [5]. Процес об'єднання даних вимірювань усіх датчиків та використання спеціальних алгоритмів для забезпечення повного огляду вимірювань називається мультисенсорним об'єднанням даних [6]. Наразі технологія об'єднання даних стала однією з актуальних тем досліджень у всьому світі. Об'єднання даних означає повне використання переваг кількох джерел інформації та об'єднання додаткової або надлишкової інформації в просторі чи часі. Використовуючи певні стандарти, об'єднання даних може отримати узгоджену інтерпретацію тестованого об'єкта, завдяки чому інформаційна система працює краще порівняно з системою, що складається з підмножин. Об'єднання даних використовує математичні методи та технічні інструменти для синтезу різних джерел інформації, отримуючи високоякісні, корисні дані вимірювань. Порівняно з незалежною обробкою одного джерела, переваги об'єднання даних включають покращення виявлюваності та надійності, розширення діапазону просторово - часового сприйняття, зменшення ступеня неоднозначності висновків, підвищення точності виявлення, збільшення розмірності цільових ознак, покращення роздільної здатності просторових питань та підвищення відмовостійкості системи [7].

Використання кількісних методів для визначення технологічного прогресу було предметом значних попередніх досліджень. Нещодавня оглядова стаття [8] охоплював значну частину цих зусиль, а також більш концептуальні питання в дослідженнях технологічного прогнозування. Найдавніші та, можливо, парадигматичні дослідження, такі як дослідження Мартіно HYPERLINK \l "bookmark17" \o "Current Document" \h [6] визначити відповідну метрику для характеристики технологічного артефакту, а потім емпірично дослідити залежність цієї метрики від часу, щоб вивести найбільш відповідне рівняння, що описує технологічний прогрес. Припущено, що технологію часто найкраще описувати кількома параметрами, і що сучасний стан у «технологічно однорідній» області представлений поверхнею компромісів. Конкретні варіанти реалізації технології та результуючі пристрої в таких областях компромісують атрибути (на основі інженерних та використальних обмежень), що стало можливим завдяки фундаментальному технологічному стану на даний момент часу, і таким чином займають різні місця на поверхні компромісів. Прогрес вимірюється рухом (зростанням) поверхні компромісів. Показав емпіричні результати, що узгоджуються з цією пропозицією. У подібних дослідженнях в інших областях використовувалися порівнянні підходи. Наприклад, [8] кількісно оцінив продуктивність та прогрес бурових можливостей з урахуванням вартості однієї свердловини як показника протягом останніх 50 років - він запропонував, що модель, яка поєднує виявлення на рівні родовища, видобуток на одиницю зусиль (YPE) та вартість буріння, найкраще описує залежність від часу. Для вимірювання технологічних змін використовувалися складені показники продуктивності як функції часу та вартості. [9] аналогічним чином для інших

технологічних систем. Ці дослідники визнали, що відповідний параметр для оцінки технічної продуктивності вимагає специфічної для предметної області технологічної інформації. Таким чином, такі параметри повинні оцінюватися інженерами, які мають досвід та знання в предметній області та пристрої, що їх цікавить. Такі інженери мали достатньо детальні знання про атрибути та компоненти всієї системи, щоб вибрати найкращі показники для цього технологічного пристрою. Отриманий підхід можна описати як підхід «знизу вгору».

Можлива альтернатива, [10] - це економічно орієнтований підхід «зверху вниз». Зазначив, що технологічні відмінності між компактними автомобілями та автомобілями класу люкс, наприклад, дуже важливі для інженерів, які проектують такі артефакти, але тенденції таких відмінностей можуть мати набагато менше значення для визначення загальних економічних та технологічних змін. Щоб оцінити загальний вплив, висхідний підхід повинен побудувати сукупні показники з атрибутів компонентів, але зазначає, що це може приховати зв'язок між вартістю, витратами ресурсів та продуктивністю, а також можливість втручання невимірних змінних. Крім того, він зазначив, що конкретні компроміси висхідних підходів, ймовірно, змінюватимуться в міру розвитку технологій, що не дозволяє створити узгоджену структуру. Таким чином, він запропонував низхідний підхід до вимірювання технологічних змін на галузевому або секторальному рівні. Потім він запропонував секторальні цілі з точки зору матеріал-процес-продукт, які відображають фізичні властивості матеріалу, функції, що виконуються трансформаційною діяльністю, та взаємозв'язок між послідовними етапами трансформації. Однак його метод підкреслює матеріальну перспективу економіки в цілому та не призводить до важливих технологічних показників, які не залежать від змін у промислових секторах. У цій роботі основна увага зосереджена на технологічних можливостях, а не на економічному впливі. Однак, намагаємося побудувати ширший набір абстракцій, які охоплюють технології більш економічно, ніж окремі артефакти чи навіть домени. Наша мета - побудувати ширшу структуру для розгляду технологій, щоб обмеженіший набір показників міг описувати технологічний прогрес. Ми вважаємо, що такий підхід є більш стабільним та зрозумілим з довгострокової точки зору, оскільки він не побудований на основі залежності від пристрою.

У представлений тут роботі ми вивчаємо технологічні зміни, досліджуючи залежність від часу «Функціональних показників ефективності (ФПЕ)», отриманих на основі загальної технологічної функціональної класифікації, що має більший розмах, ніж та, що раніше використовувалася в емпіричних кількісних дослідженнях технологічного прогресу. Ми емпірично досліджуємо один ключовий аспект - інформацію, та три важливі функціональні категорії: зберігання, перетворення та транспортування. Для кожної з цих трьох категорій ми створили бази даних з двома відповідними ФПЕ протягом останніх ста або більше років, щоб перевірити, чи можна застосувати цей підхід до довгострокових даних. Використовуючи наші історичні дані, ми потім емпірично досліджуємо характер технологічного прогресу з часом та розраховуємо річний прогрес для кожного ФПЕ. Таким чином, у цій статті зроблено спробу запропонувати підхід до визначення технологічних показників прогресу на вищому рівні абстракції та застосувати його до однієї галузі, щоб перевірити його корисність, а також сприяти розумінню порівняльного прогресу технологій.

1.2 Статистичні методи моніторингу та контролю технологічних процесів: тенденції та проблеми

Щоб досягти покращення якості продукції, нам потрібно прогнозувати її на основі умов експлуатації, визначати кращі умови експлуатації, які можуть покращити якість продукції, а також виявляти несправності або збої для запобігання небажаній роботі. Ці вимоги є спільними для різних галузей промисловості, хоча процеси зовні зовсім різні. Автори зосередилися на статистичних методах, зокрема на м'яких сенсорах та MSPC. Очікується, що вони стануть ключовими інструментами для значного покращення якості сталевих продукції в ситуації, коли модель з перших принципів недоступна.

У цьому розділі коротко розглянуто методи моніторингу та керування процесами на основі даних. У центрі уваги - останні тенденції та проблеми, що залишилися, у сферах проектування програмних сенсорів та MSPC. Обидва методи є дуже важливими що стосуються наших промислових застосувань.

Таблиця 1.1 - Проблеми з апаратними датчиками. Результати опитування 26 компаній

Відсоток Виявлена проблема

27% Технічне обслуговування, що вимагає багато часу (time-consuming maintenance)

21% Необхідність калібрування (need for calibration)

15% Старіння та знос (aged deterioration)

13% Недостатня точність (insufficient accuracy)

10% Тривалий час простою, повільна динаміка (long dead-time, slow dynamics)

8% Великий рівень шуму / значні перешкоди (large noise)

2% Низька відтворюваність результатів (low reproducibility)

4% Інше (others)

Коли апаратні датчики недоступні, програмні датчики є ключовими технологіями для виробництва високоякісної продукції. Навіть коли апаратні датчики можна використовувати, оператори та інженери виявили проблеми, перелічені в таблиці 1.1. Ці проблеми з апаратними датчиками були виявлені в результаті анкетування 26 компаній. Програмні датчики вважаються корисними для вирішення цих проблем. Досліджувалося сучасний стан технологій програмних датчиків у Mitsubishi Chemical Corporation.

Таблиця 1.2 - Призначення використання м'яких датчиків у корпорації Mitsubishi Chemical.

Відсоток Ціль / Призначення

37% Стабілізація якості (stabilize quality)

28% Зменшення витрат сировини та енергоресурсів (reduce feed and utility)

18% Підвищення надійності за допомогою онлайн-аналізатора (improve reliability with online analyzer)

9% Стабілізація роботи / експлуатації (stabilize operation)

6% Скорочення обсягів ручного аналізу (reduce manual analysis)

1% Уникнення встановлення спеціального аналізатора (avoid installing special analyzer)

1% Аналіз ключових факторів (analyze key factors)

Таблиця 1.3 - Процеси, в яких застосовуються м'які датчики у компанії Mitsubishi Chemical Corporation

Відсоток Процес

37% дистиляція (перегонка)

28% реакція
18% випаровування
9% інші

Результати дослідження наведено в таблицях 1.2 та 1.3. Основними цілями використання програмних сенсорів є 1) стабілізація якості продукту шляхом його онлайн-оцінки, 2) зменшення споживання енергії та матеріалів шляхом ефективної роботи близько до специфікацій/обмежень та 3) валідація онлайн-аналізаторів шляхом порівняння з програмними сенсорами. Більшість застосувань програмних сенсорів були знайдені в дистиляції.

Крім того, повідомлялося, що більшість програмних сенсорів були розроблені за допомогою методу часткових найменших квадратів (PLS). Хемометричні методи, такі як PLS, широко застосовуються для моделювання, моніторингу та контролю процесів. Головною перевагою цих методів є те, що вони можуть генерувати латентні змінні, які не корельовані одна з одною, та справлятися з корельованими вхідними змінними. Ця характеристика підходить для аналізу даних промислових процесів, оскільки промислові процеси є багатовимірними системами, і велика кількість змінних взаємно корельована.

Для розробки програмних сенсорів для процесів дистиляції в літературі широко використовуються оцінювачі складу, що використовують PLS. У роботах цих дослідників були побудовані стаціонарні вивідні моделі складу продукту. Порівняли три різні оцінювачі, використовуючи лінійну модель бінарної дистиляційної колоні. Дійшли висновку, що хорошої продуктивності керування можна досягти за допомогою стаціонарного оцінювача PCR (регресія головних компонентів), який був майже таким же хорошим, як динамічний фільтр Калмана, оскільки стаціонарний оцінювач має властивий ефект прямої зв'язки. Властивий ефект прямої зв'язки був більш детально досліджений. Запропонували використовувати прогнозне вивідне керування з динамічною вивідною моделлю в конфігурації каскадного керування для досягнення хорошої продуктивності без необхідності ітераційного моделювання. Далі досліджували моделі виводу на основі PLS, які можуть оцінювати склад продукту багатокomпонентної дистиляційної колоні на основі онлайн-вимірювань змінних процесу. Вони порівняли стаціонарні, статичні та динамічні моделі виводу та виявили, що точність оцінки можна значно покращити за допомогою динамічних моделей. Іншими словами, продуктивність м'яких датчиків можна значно покращити.

М'які сенсори зазвичай використовуються в системах вивідного керування. Будь-який алгоритм керування застосовний до вивідного керування, оскільки замість вимірювань використовуються оцінки. Однак були запропоновані статистичні контролери зі зворотним зв'язком, засновані на багатовимірному аналізі. Розробили контролер зі зворотним зв'язком на основі статичної моделі PCA/PCR та застосували його до бінарної дистиляційної колоні. Розробили контролер у рамках модельного прогнозного керування (MPC), і він був використаний для керування еквівалентним представленням процесу в просторі оцінок. Модель прогнозування оцінок для алгоритму MPC була побудована за допомогою PLS.

Рис. 1.2 - Кількість дослідницьких статей, пов'язаних з покращенням м'яких сенсорів шляхом врахування динаміки процесу.

На рисунку 1.2, який відображає результати пошуку за ключовими словами в Scopus, показано тенденцію досліджень у галузі проектування програмних сенсорів. Штучні нейронні мережі (ШНМ) домінують у літературі з середини 90-х років, тоді як PLS популярні в промисловості, як показано. ШНМ є корисним інструментом для побудови нелінійних моделей і вважається придатним для промислових процесів. Однак лінійні моделі в багатьох випадках дали задовільні результати, оскільки промислові процеси працюють у певному діапазоні для виробництва необхідної продукції, і лінійні моделі функціонують добре. В останні кілька років з'явилися метод опорних векторів (SVM) та регресія опорних векторів (SVR). Ці методи привернули увагу дослідників та інженерів. Іншим методом розробки програмних сенсорів є ідентифікація підпростору (SSID), яка може побудувати модель простору станів на основі вхідних-вихідних даних. SSID - це корисний інструмент для побудови динамічної логічно-логічної моделі багатовимірного процесу, і він підходить для проектування з використанням програмних сенсорів, оскільки продуктивність програмних сенсорів можна значно покращити, враховуючи динаміку процесу. Використовували SSID для логічно-логічного керування реактором безперервної переробки жому. Запропонували двоступеневий SSID для розробки високоточних програмних сенсорів, які можуть враховувати вплив невимірюваних збурень на оцінені ключові змінні, і вони продемонстрували перевагу запропонованого методу над традиційними методами завдяки їх застосуванню до промислового етиленового фракціонатора.

Було проведено багато досліджень для розробки програмних сенсорів на основі даних для різних процесів. Однак програмний сенсор на основі даних не завжди функціонує добре, оскільки модель «чорної скриньки» не є коректною, коли процес працює поза певними умовами, де були отримані робочі дані, що використовуються для моделювання. Якість продукції та продуктивність процесу погіршаться, якщо оператори сліпо віритимуть оцінкам програмного сенсора та використовуватимуть їх у системі керування. Онлайн-моніторинг коректності програмного сенсора дозволить уникнути такої небезпечної ситуації. Найпростіший підхід полягає в перевірці, чи перевищує похибка оцінки свою контрольну межу, коли вимірювання стає достовірним. Цей підхід дозволяє виявити невідповідність між аналізатором та програмним сенсором, але причину невідповідності неможливо визначити. У промисловій практиці вважається, що помилка оцінки спричинена неточною оцінкою; однак це припущення не завжди вірне, оскільки аналізатори не завжди надійні. Наприклад, коли відбувається засмічення в лінії відбору проб, апаратний датчик не може забезпечити точні вимірювання. Для вирішення таких практичних проблем запропонували структуру на основі PLS для розробки програмного сенсора та моніторингу його достовірності в режимі онлайн. Система онлайн-моніторингу базувалася на динамічній моделі PLS, розробленій для оцінки якості продукту. Крім того, було встановлено прості правила для перевірки продуктивності технологічного газового хроматографа шляхом поєднання програмного сенсора та системи статистичного моніторингу. Ефективність розробленої системи була продемонстрована шляхом її застосування на заводі з виробництва етилену.

1.3 Функціональні аспекти та архітектура систем моніторингу технологічних процесів

Щоб виміряти продуктивність низки технологій з обмеженим набором показників, нам потрібно отримати скорочений набір можливих класифікацій, який би все ж був інклюзивним щодо технологічного різноманіття. Зробили свій внесок у розробку функціональної системи технологічної класифікації, яка потенційно корисна в цьому відношенні. Розширюючи роботу описують функціональну класифікацію з точки зору операндів (речовина, енергія та інформація), що змінюються операціями (трансформація, транспортування, зберігання, обмін та управління), і класифікація ілюструється прикладами систем у таблиці 1.4.

Цей підхід до класифікації домінуючих функціональних аспектів систем і підсистем був запропонований як загальна система класифікації [11] та використовувався при проектуванні систем з використанням специфічних технологій [12]. У цій статті ми використовуємо цю структуру для

емпіричної оцінки прогресу у виконанні функції протягом серії конкретних технологічних втілень. Для досягнення цієї оцінки першим кроком є визначення відповідного показника продуктивності для кожної функціональної категорії. Ці показники функціональної продуктивності досить схожі на показник якості, який досить загально обговорюється. [13] Однак, оскільки він та інші використовують їх, вони зазвичай виводяться окремо для багатьох різних пристроїв і тому не можуть бути обмеженим набором, як це пропонується 15 класами в Таблиці 1. Ми не рекомендуємо широкий функціональний набір метрик як заміну метрик, залежних від пристрою. Для більшості пристроїв і систем існують конструктивні обмеження та компроміси, які поєднують і пов'язують категорії з Таблиці 1. У таких випадках технологічний прогрес у пристрої або системі не буде просто визначено посиланням на прогрес у категоріях Таблиці 1, оскільки немає підстав вважати, що всі пристрої та системи можна просто розкласти на категорії Таблиці 1.4.

Емпірична оцінка, проведена в цьому дослідженні, вивчає, чи довгострокові дослідження відповідають рамковим вимогам, чи різні можливі показники в даному класі дають послідовні тенденції прогресу та як

Таблиці 1.4 - Функціонально-технологічна класифікація з операндами та операціями

Операція (Operation)	Операнд: Речовина (Matter, M)	Операнд: Енергія (Energy, E)	Операнд: Інформація (Information, I)
Перетворення (Transform)	Доменна піч	Лампи, електричний генератор	Аналітична машина, калькулятор
Транспортування (Transport)	Вантажівка	Електрична мережа	Кабелі, радіо, телебачення
Зберігання (Storage)	Склад	Акумулятори, маховики	Магнітна стрічка та диск, книга
Обмін (Exchange)	Торгова система eBay	Енергетичні ринки	Всесвітня павутина (WWW), Вікіпедія
Управління / Контроль (Control)	Система охорони здоров'я	Комісія з атомної енергії	Інженерна рада Інтернету (IETF)

Різні класи в Таблиці 1 розвиваються відносно один одного та протягом тривалих періодів часу. У цій статті ми обмежуємося інформацією як операндом, що нас цікавить, та перетворенням, транспортуванням та зберіганням як трьома операціями. Подальше дослідження інших операндів та операцій є предметом поточних досліджень. Для кожної з трьох класифікацій, що вивчаються далі, ми вибрали два показники функціональної ефективності.

Для кожної з 15 функціональних категорій у Таблиці 1.4 можна вивести низку показників, специфічних для кожної функціональної категорії. Наприклад, обговорюється (для 9 категорій, зазначених у роботі) дослідження загальної кількості операцій, виконаних з операндом за весь час. Якби така оцінка була проведена емпірично (а вона не була проведена), вона б спробувала оцінити технологічний прогрес на глобальній та загальній основі. Ми не використовували такі показники в цій роботі, оскільки вони залежать від багатьох нетехнологічних факторів (зростання населення та економіки в різних частинах земної кулі тощо) і, таким чином, не вимірювали б прогрес у функціональних технологічних можливостях - наша мета. У цій статті, дотримуючись висновків щодо компромісів, розроблених Мартіно та іншими, використовуючи специфічний для пристрою підхід, ми доходимо до FPM на основі компромісів для нашої функціональної структури. Кожен з цих FPM на основі компромісів має форму виходу (бажаної продуктивності), поділеного на вхід (компенсованого атрибута).

У таблиці 2 наведено три функції та шість показників функціональної ефективності (ПФП) для вимірювання прогресу в інформаційних технологіях, які ми розглядаємо в цій статті. Існують інші можливі ПФП для кожного з трьох випадків, які ми досліджуємо тут, на основі компромісів або обмежень, які технологія повинна подолати, щоб бути більш корисною. У цьому дослідженні ми намагаємося вибрати найважливіші компроміси для кожної категорії функціональної ефективності. Ми розглядаємо два для кожної функціональної категорії, щоб дозволити порівняння та зробити нашу оцінку тенденцій більш надійною.

Зберігання - це операція, під час якої матерія, енергія або інформація зберігаються в обмеженому просторі та зберігаються (без зміни стану) протягом певного часу. Для нашого першого FPM зберігання вхідним даними є обмежений простір (одиниця об'єму), а вихідним даними є обсяг збереженої інформації, а отриманий перший FPM для функції зберігання інформації - це обсяг інформації на одиницю об'єму, Мбіт/с на кубічний сантиметр. Оскільки функція зберігання повинна зберігати збережену інформацію протягом певного часу в обмеженому просторі, час є важливим елементом, який також слід враховувати на стороні виходу. Однак, оскільки в цій статті ми розглядали лише енергонезалежні носії інформації для вимірювання технологічного прогресу, час був виключений з наших FPM зберігання. Другий FPM - це міра для кількісної оцінки значення продуктивності функції. Грошова вартість (у доларах США 2004 року з використанням дефлятора ВВП як коригування на інфляцію) використовується для вимірювання значення як вхідних даних, а збережений обсяг інформації (Мбіт) знову є виходом у нашому другому FPM для зберігання.

Таблиця 1.5 - Метрики операційної та функціональної ефективності для вимірювання прогресу в інформаційних технологіях

Параметр	Опис
Вхідні дані (Inputs)	Дані та запити користувачів, існуюча база знань організації, зворотний зв'язок від користувачів
Процеси (Processes)	Семантичний пошук, автоматичне тегування контенту, витяг сутностей, розсудження на основі онтологій
Вихідні дані (Outputs)	Персоналізовані рекомендації, структуровані звіти, оновлені профілі навичок, аналітичні дашборди

Транспортна операція визначається як переміщення речовини, енергії або інформації в інше місце без зміни стану протягом одиниці часу.

Перший показник FPM для транспортування інформації визначається як обсяг перенесеної інформації за одиницю часу, що є пропускною здатністю (кбіт/с). Обсяг інформації, який може бути перенесений за певний час, пропускна здатність, є ефективним показником швидкості транспортування, оскільки всі розглянуті технології працюють зі швидкістю світла для швидкості передачі. Другий показник FPM у транспортуванні інформації також визначається для вимірювання значення продуктивності транспортування як пропускної здатності на долар США 2004 року (знову ж таки, з використанням дефлятора ВВП для коригування на інфляцію).

Трансформація - це операція, під час якої матерія, енергія або інформація перетворюється в інші стани. У випадку інформаційних технологій зміна стану інформації відбувається за допомогою обчислювальних процесів, таким чином, вихідна інформація перетворюється в різні стани інформації. Час перетворення вважається найважливішим обмеженням вхідного сигналу, і тому обчислювальна продуктивність за одиницю часу є першим показником FPM (MIPS) для перетворення. Як другий показник FPM, для вимірювання значення перетворення використовується MIPS на долар США 2004 року (знову ж таки, з урахуванням інфляції за допомогою методу дефлятора ВВП). Були використані показники FPM для перетворення інформації. [15] і вважаються важливими в інформаційних технологіях, але окремі функціональні категорії зберігання та транспортування не були так широко вивчені.

2. МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Огляд сучасних систем онлайн-моніторингу технологічних процесів

Система СОМО має узагальнену, модульну структуру, що складається з набору модулів, зображених на рисунку 2.1, які взаємодіють за допомогою визначеного набору протоколів зв'язку. Зв'язок здійснюється через дві різні мережі: локальну мережу (LAN) та Інтернет. Чотири модулі виконують різні завдання в системі та поділяються на дві групи: клієнтський модуль та серверну мережу. Клієнтський модуль є локальним для користувача системи та не залежить від платформи. Його основна функція полягає в забезпеченні механізму взаємодії з СОМО через Інтернет. Решта модулів складають суть СОМО - моделювання, оптимізація та тестування виконуються в серверній мережі.

Рис. 2.1 - Схема системи

Ключовим завданням у розробці інтернет-системи, такої як СОМО, є забезпечення її функціонування так, ніби вона встановлена локально на ПК клієнта. Системі потрібна пропускна здатність приблизно 2 Мбіт/с, щоб забезпечити необхідну швидкість реагування для імітації локальної інсталяції. Зі збільшенням пропускної здатності можливі кращі результати. Загальна реалізація модулів та їх інтеграція в систему є однією з найбільших труднощів у розробці СОМО. У наступних розділах описано системні модулі.

Клієнтський модуль надає платформо-незалежний інтерфейс (написаний на Java), через який користувач може отримати доступ до СОМО.

Клієнт надає інженеру метод налаштування та визначення виробничого процесу, який потрібно оптимізувати, а також дозволяє користувачеві переглядати результати моделювання та моніторингу процесу в графічному або табличному форматі. Тривимірне графічне відображення та анімація процесу дозволяють візуально підтвердити всю операцію [16].

Серверна мережа. Серверна мережа для СОМО реалізує модулі сервера, моніторингу та моделювання. Таким чином, оновлення коду, які додають функції або виправляють помилки, виконуються лише в одному місці, і всі клієнти отримують до них доступ негайно, без необхідності встановлювати патчі чи перевстановлювати програмне забезпечення на своєму боці. Це зменшує обсяг обслуговування для клієнта та зменшує навантаження на їхні комп'ютери. Доступність даних клієнта через Інтернет дозволяє їм отримувати до них доступ з різних місць та співпрацювати з іншими [17].

Серверний модуль. Серверний модуль обробляє запити, що надсилаються до СОМО клієнтом. Сервер також містить базу даних, яка використовується для зберігання всіх даних, пов'язаних з проектом СОМО. Деякі файли, що генеруються системою моделювання та моніторингу, є великими та зберігаються поза базою даних. Ці файли розміщуються у стандартній структурі каталогів проекту.

Модуль моніторингу. Якщо клієнт вирішує створити прототип, процес контролюється за допомогою модуля моніторингу. Програмне забезпечення та сервер системи моніторингу є універсальними та незалежними від процесу. Система моніторингу отримує інформацію про налаштування із сервлетів. Цей модуль СОМО вимагає взаємодії з людиною для фізичного налаштування виробничого процесу, його перевірки та виконання.

Модуль моніторингу отримує реальні дані з датчиків, які вимірюють параметри процесу, та передає їх безпосередньо клієнту, синхронізовано та в режимі реального часу, під час виконання процесу. Ця інформація (дані) також зберігається у файлі для доступу пізніше [18].

Рис. 2.2 - Структура проекту

Модуль моделювання. Модуль моделювання містить набір усіх доступних користувачеві симуляцій процесів. Сервер вибирає відповідну симуляцію процесу на основі типу оптимізованого виробничого процесу, зазначеного користувачем. Наприклад, для механічної обробки ці процеси включають фрезерування, точіння, свердління, нарізання різьби тощо [20].

Структура та дані проекту. Інтерфейс користувача базується на концепції користувацьких «проектів», як показано на рисунку 2.2. Проект являє собою серію з N «операцій», які необхідно виконати на заготовці для отримання кінцевої деталі. Наприклад, програма різання металу може складатися з операцій, що включають такі процеси, як фрезерування, точіння, свердління та нарізання різьби. Кожна операція оптимізується шляхом налаштування та моделювання низки (М) тестових випадків, які є сценаріями для виконання операції. Наприклад, кожен тестовий випадок може змінювати будь-які параметри операції, включаючи інструмент, траєкторію, верстат або подачі та швидкості. Післяобробка можливості допомагають користувачеві в оцінці результатів та в управлінні подальшими дослідженнями моделювання [19].

Рис. 2.3 - Схематичне зображення станції моніторингу

Після визначення прийнятних умов (оптимізації процесу) користувач може контролювати виконання процесу на обладнаному інструментами верстаті. Дані процесу надсилаються назад користувачеві, щоб дозволити підтвердження фізичної конфігурації, усунення несправностей в операції та оцінку результатів процесу. Ці дані включають відео виконання процесу, дані, виміряні датчиками, що контролюють параметри процесу, та інформацію про геометрію деталі [21].

2.2 Безперервна інженерія процесів у системах онлайн-моніторингу

Моніторинг та контроль процесів - це, перш за все, не технічне питання, а організаційне, і тому воно має велике значення для всіх ініціатив з управління процесами. Підхід до позиціонування моніторингу та контролю процесів у моделі процедур для управління процесами показано на рисунку 1 [22].

Початковою діяльністю в цій моделі процедур завжди є вибір процесів, які потрібно перепроєктувати. Найбільш релевантні процеси характеризуються тим, що вони потребують реорганізації та приносять важливі чисті вигоди. Ці процеси необхідно змодельовувати, щоб мати спільне розуміння процесів. Результатами цієї діяльності є моделі процесів «як є», які обговорюються проектною командою. Майбутні моделі процесів описують новий дизайн процесу та документують результат усіх зусиль з оптимізації процесів. Впровадження нових процесів вимагає організаційних та технічних заходів, таких як конфігурація пов'язаної ERP модулі, впровадження програм на основі робочих процесів або навчання нових співробітників. Як правило, впровадження процесів - це етап, на якому завершується більшість проектів. Сама реалізація процесу зазвичай виходить за рамки проектів реінжинірингу бізнес-процесів. Однак це критичний етап, коли проектна діяльність перетворюється на діючий бізнес. Моніторинг та контроль процесів можна розглядати як діяльність, яка знаходиться на вершині бізнес-процесів.

Головною метою моніторингу та контролю процесів як вбудованого завдання в рамках такого цілісного управління процесами є забезпечення необхідної бази даних для безперервного управління змінами процесів. Завдяки цьому зусилля з реорганізації поширюються на межі першого початкового впровадження нових процесів.

Дані, отримані шляхом моніторингу та контролю даних, можна використовувати для двох цілей. З одного боку, можна оцінити продуктивність бізнес-процесів. З іншого боку, і на додаток до цієї головної мети, моніторинг та контроль процесів корисний для вимірювання вартості інвестицій в ІТ, необхідних для покращення процесів. Основною ІТ-інфраструктурою моніторингу та контролю процесів є система управління робочим процесом. Вплив, пов'язаний із системою управління робочим процесом, можна розрізнити на грошові та не грошові [23].

Рис. 2.3 - Управління змінами процесів

Вибрані грошові ефекти від використання системи управління робочими процесами:

1. скорочений час обробки (витрати на персонал)
2. скорочення часу транспортування (витрати на персонал та ресурси)
3. зниження витрат на зберігання (для паперових архівів)

Як наслідок, ІТ-система для моніторингу та контролю процесів потребує інтерфейсів з такими додатками, як системи управління персоналом, фінансовий облік, облік витрат і доходів, а також управління активами.

Найчастіше неможливо буде виміряти вплив на грошовому рівні. Прикладами таких немонетарних впливів є:

4. цифровізація рутинної роботи
5. більше часу для цінної роботи
6. зменшення частоти помилок та типів помилок
7. вища прозорість процесу
8. краща якість документації процесу та інформації про стан

Потенційними вимірами для аналізу в процесному поданні є моделі робочих процесів та моделі діяльності, як на рівні типу, так і на рівні екземпляра. Процесне подання є основним поданням моніторингу та контролю процесів. У цьому поданні оцінюються всі ключові показники ефективності, пов'язані з бізнес-процесами. Оцінки в цьому поданні можна диференціювати, незалежно від того, чи стосуються вони часу, вартості чи якості. Можливі оцінки [24]:

9. середній, максимальний та мінімальний час процесу,
10. середні, максимальні та мінімальні витрати на виконання одного процесу,
11. якість процесу, виражена в кількості збоїв або циклів, як показник необхідності повторної роботи.

Відповідні звіти можуть стосуватися як одного конкретного екземпляра процесу, так і різних агрегацій процесів. Серед іншого, криві навчання можна використовувати, щоб показати, чи зростає продуктивність процесу з часом.

Одна конкретна проблема в процесному поданні виникає через відношення 1:n між моделями процесів на рівні типу та екземплярами процесів.

Для того, щоб мати справедливую основу для порівняння, необхідно розбити модель процесу на всі можливі варіанти процесу. Усі відповідні екземпляри робочого процесу, які потрібно порівняти, повинні мати однаковий шлях виконання. Тобто, однакові дії виконувалися у всіх процесах, а у випадку виключення або розділення у всіх випадках дотримувалася одна й та сама гілка. Отже, під час виконання процесу необхідно ідентифікувати відповідний варіант процесу. Це призводить до складних проблем прогнозування часу обробки у тих випадках, коли на ранній стадії виконання процесу варіант процесу ще не може бути ідентифікований [25].

Хоча проектування ефективних процесів, здається, домінує в сучасних дискусіях щодо сучасного дизайну організаційної структури компаній, ізолювана оптимізація критеріїв процесу не є єдиною метою. Це легко може призвести до ситуації, коли висока ефективність процесу супроводжується низьким рівнем використання доступних ресурсів. Іншими словами: клієнт може цінувати короткий час обробки, але витрати на це є неприйнятними. Щоб уникнути такого ізолюваного аналізу, структура моніторингу та контролю процесів повинна також включати подання, яке відображає ефективність ресурсів. Як і в процесному поданні, звіти в цьому поданні аналізують витрати, час та якість ресурсів. Вартість залучених ресурсів можна отримати з таких застосувань, як облік управління активами. Оскільки моніторинг та контроль процесів зазвичай стосується підмножини всіх процесів, а ресурси в більшості випадків не на 100% розподіляються на один процес, необхідно враховувати лише відповідну частину витрат на ресурси.

Часовий вимір у поданні ресурсів показує доступність ресурсів. Порівняно з витратами, потрібно аналізувати лише ту частину ресурсної потужності, яка потрібна для виконання процесу.

Якість ресурсу можна вимірювати кількістю хороших деталей на сотні або тисячі (ефективність) або загальним обсягом виробництва (результативність) [26].

Якщо доступні ресурси з надлишковою функціональністю, показник вартості, часу та якості може бути використаний у рамках рольового вирішення питань персоналу. Це ще один приклад інтенсивного взаємозв'язку між моніторингом та контролем процесів як переважно реактивним (описовим) застосуванням та вирішенням питань персоналу як переважно активним (прескриптивним) застосуванням.

Процеси можна визначити як логічну послідовність функцій, необхідних для обробки бізнес-релевантного об'єкта. Прикладами таких об'єктів є запити, замовлення або голосові повідомлення. В рамках окремого об'єктного представлення, окрім процесного та ресурсного представлення, можна визначити рушійні сили витрат та цінності процесів. Дуже часто можна визначити причинно-наслідкові зв'язки між об'єктами та процесами. Знову ж таки, можна розрізнити критерії вартості, часу та якості. Типовими критеріями вартості будуть витрати на обробку об'єкта.

Для точного розрахунку витрат та доходів, що належать до об'єкта, можна використовувати складні підходи, такі як калькуляція витрат на основі діяльності. Подібні дані про час, пов'язані з об'єктами, інформують про типовий час обробки цих об'єктів. Ці дані можна використовувати, наприклад, у продажах для більш реалістичної оцінки часу обробки під час переговорів з потенційним клієнтом. Нарешті, показники якості можуть інформувати про потенційні проблеми, пов'язані з об'єктом [27].

Як і у представленнях процесу та ресурсу, представлення об'єкта має рівень типу та екземпляра. На рівні екземпляра клієнт може бути проінформований про хід виконання певного замовлення. Таким чином, представлення об'єкта виступає своєрідним доступом до представлення процесу. Наразі постачальники логістичних послуг пропонують інформацію, пов'язану з об'єктами, на рівні екземпляра у своїх веб-системах відстеження. На рівні типу об'єкта можна обговорювати аутсорсинг об'єктів.

Різні проекти з роздрібними компаніями продемонстрували, що об'єктний підхід має суттєве значення для цього сектору. Наприклад, в одному випадку, аналіз об'єктів був використаний для виявлення факторів складності в процесі перевірки рахунків-фактур. На основі індивідуальної системи управління робочим процесом необхідно було визначити ті рахунків-фактури, які спричиняли найбільше проблем. Оскільки відповідний відділ щомісяця отримував понад 10 000 рахунків-фактур і мав понад 140 співробітників, які працювали над перевіркою рахунків-фактур, це було критичним завданням. Процеси обробки рахунків-фактур, включаючи помилки, були проаналізовані та пов'язані з відповідними об'єктами. Ці об'єкти були згруповані в різні групи після перевірки значущості таких змінних, як постачальник, отримані товари або задіяний співробітник.

Виявилося, що постачальник був найкращою пояснювальною змінною. Отже, витрати, пов'язані з цими процесами, були використані в наступних переговорах з постачальниками щодо необхідних умов.

2.3 Методи інтеграції та підтримки безперервного моніторингу технологічних процесів

Інформація, доступна для аналізу процесів, залежить від використовуваної системи управління робочим процесом. Хоча деякі системи переважно записують системні події з їхніми часовими позначками, інші також записують об'єкт, оброблений в рамках дії. Наявність інформації визначає якість та глибину можливого аналізу. Однак у деяких випадках можливо розширити журнал аудиту, специфічний для постачальника, додатковою інформацією. Щоб забезпечити аналіз екземплярів робочого процесу на основі об'єктного представлення, під час розробки нашої системи інформації про процеси у модель робочого процесу було вставлено дію, яка створила запис журналу, що містив зв'язок між ідентифікатором екземпляра робочого процесу та ідентифікатором об'єкта процесу, який не був доступний у даних журналу аудиту системи управління робочим процесом. Використовуючи цю додаткову інформацію, можна було реалізувати детальний аналіз від інформації про процес до об'єкта процесу [28].

Більшість систем управління робочими процесами записують три типи даних: зміни стану процесів та дій, інформацію про ресурси генераторів змін стану та часові позначки змін стану. Цю інформацію з файлів журналу аудиту робочих процесів можна використовувати для низки аналізів в інформаційній системі процесів:

12. Час подій: Використовуючи позначку часу активації, виконання та завершення або переривання дій робочого процесу, інформаційна система процесу може обчислювати час циклу процесу, час простою та простою, а також час обробки дій та його відхилення. Можна визначити прогноз потенційно прострочених дій, а також попередній час обороту.

13. Задіяні ресурси: Інформація про організаційні одиниці та інформаційні системи, задіяні у виконанні діяльності, може бути використана для обчислення середнього та пікового навантаження ресурсів. Зміна часу обробки екземплярів діяльності з часом, які виконувалися одним і тим самим ресурсом, вказує на потенційні ефекти кривої навчання. Кількість різних ресурсів, задіяних у виконанні одного робочого процесу, а також у наборі екземплярів робочого процесу, може надати інформацію про взаємозв'язок вхід-вихід процесу.

14. Зміни стану: Вид і кількість змін стану в процесі надає інформацію про кількість і тип винятків, що виникли під час виконання процесу (наприклад, якщо робочий процес часто змінюється з «виконується» на «призупинено»). Аналіз активних дій робочого процесу в межах окремих екземплярів робочого процесу може бути використаний для визначення ймовірностей шляхів виконання, якщо модель робочого процесу містить паралельні гілки. Цю інформацію, у свою чергу, можна використовувати для цілей моделювання.

Окрім цих елементарних інформаційних об'єктів, для оцінки економічного ефекту системи управління робочим процесом корисний розширений аналіз, такий як вплив робочого процесу на час виходу на ринок, зміни якості процесу або конкурентні переваги. Однак стратегічна важливість інформації прямо обернена до вимірюваності цього типу інформації (див. рисунок 2.5). Хоча оперативні, тобто замісні, ефекти технології робочого процесу можна виміряти досить легко (наприклад, скорочення персоналу під час реалізації процесу), додаткові ефекти, такі як розширення робочих місць та збагачення учасників робочого процесу, виміряти важче. Замісні ефекти також вважаються обчислюваними, тоді як додаткові ефекти передбачають певну оцінку. Стратегічні ефекти технології робочого процесу, такі як здатність постачати клієнтам нові види продукції або скорочення часу виходу на ринок, більше не можна визначити в грошових цифрах [29].

Рис. 2.5 - Вплив та вимірюваність робочого процесу

Методи вимірювання. У моніторингу та контролі процесів можна використовувати різні статистичні методи. Як приклад, вже згадувався кластерний аналіз в об'єктному поданні. Іншим релевантним методом оцінки є статистичний контроль процесів (СКП), який застосовується в системах управління виробництвом протягом чотирьох десятиліть. СКП вимагає визначення верхнього та нижнього рівнів допуску, що стосуються, наприклад, очікуваного часу обробки. Відповідно до ідеї управління за винятком, система моніторингу та контролю інформує власника процесу, якщо одне значення перевищує верхній або нижче нижнього рівня. Інше правило полягає в тому, що власник процесу отримує попереджувальне повідомлення, якщо n (зазвичай $n \geq 5$) значень постійно зростають або зменшуються.

Ще одним цікавим підходом у контексті моніторингу та контролю процесів на основі робочого процесу є використання гедоністичної моделі заробітної плати [30]. Спочатку розроблена для оцінки покращення офісних приміщень, спричиненого новими ІТ-системами, гедоністичну модель заробітної плати можна легко адаптувати для аналізу, пов'язаного з процесами. Цей підхід вимагає, щоб було відомо, який клас працівників (визначений їхньою зарплатою) виконує який тип роботи (визначений ступенем складності).

Рис. 2.6 - Архітектура

Кожен клас працівників пов'язаний з одним класом діяльності. Припущення полягає в тому, що працівник повинен працювати лише над тими видами діяльності, на які він кваліфікований. Для заданої ситуації гедоністичну цінність можна отримати за допомогою системи рівнянь, в якій обсяг роботи, яку різні класи працівників фактично витрачають на різні види діяльності, підсумовується до зарплати цього класу працівників. Це призводить до гедоністичної цінності для кожного класу діяльності. Ці значення "як є" можна порівняти з бажаними майбутніми моделями або ситуацією після реорганізації.

На сьогоднішній день головним недоліком гедоністичної моделі оплати праці є трудомісткий процес визначення того, хто фактично виконує яку роботу.

Системи управління робочими процесами є ідеальною підтримкою для гедоністичної моделі оплати праці. Для її впровадження згідно з концепцією, кожен вид діяльності, а також кожен задіяний організаційний підрозділ мають бути класифіковані. Крім того, обидві класифікації можна використовувати не лише для гедоністичної моделі оплати праці, але й для розподілу персоналу на основі ролей. За допомогою цих класифікацій досить просто отримати необхідні звіти.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОНЛАЙН-МОНІТОРИНГУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

3.1 Розроблення прототипу системи моніторингу та контролю технологічних процесів

Розробка розпочалася як робочого прототипу на базі Microsoft Access. На той час використовувалися такі системи: IDS Corp. ARIS Toolset версії

3.0 для даних концептуальної моделі процесу та FlowMark версії 2.2 для даних журналу аудиту робочого процесу під час виконання. Дані журналу аудиту FlowMark були імпортовані до репозиторію прототипів, тоді як доступ до бази даних ARIS здійснювався за допомогою ODBC. Ця перша версія слугувала техніко-економічним обґрунтуванням та реалізувала елементарні методи оцінювання на основі трьох вимірів: процес/діяльність, тип/екземпляр та організаційна одиниця/роль/користувач.

У той час як перший прототип використовував лише кілька методів оцінки, друга версія (також заснована на Microsoft Access) була розроблена з використанням більш складних методів оцінки, таких як гедоністична модель заробітної плати, і дозволяла додаткові оцінки об'єктів процесу, такі як кластерний аналіз.

Поточну (третю) версію було переписано з нуля, щоб реалізувати повністю розподілену архітектуру системи, а також незалежність від бази даних і клієнта. Незважаючи на початковий намір розробити систему моніторингу та контролю робочих процесів, відкрита архітектура також дозволяє використовувати як універсальну систему управління інформацією, що спирається на різні джерела даних.

Як базовий сервіс для, Всесвітню павутину було обрано з низки причин.

15. Через зростання кількості користувачів www, більшість потенційних користувачів знайомі з роботою з сучасними веб-браузерами, що зменшує зусилля на навчання роботі з системою.

16. Оскільки оцінка даних та виконання програми обробляються веб-браузером, потенційні проблеми неоднорідності апаратного та програмного забезпечення вирішуються заздалегідь. Локальне встановлення клієнтського програмного забезпечення більше не потрібне. Це забезпечує високий ступінь автономності та мобільності користувачів.

17. WWW-браузер може містити активні (наприклад, керований подіями робочий список системи керування робочими процесами), а також пасивні інтерфейси користувача (наприклад, [31]). Останні дозволяють користувачеві створювати екземпляри робочих процесів або отримувати інформацію моніторингу.

18. Більшість розподілених систем управління робочими процесами покладаються на інтернет-сервіси принаймні для частини свого механізму розподілу [32]. Якщо система інформації про процеси має безперешкодно інтегруватися з існуючими клієнтами робочих процесів, вона повинна використовувати ті самі механізми.

Архітектура системи зображена на рисунку 3.1. Вона складається з основних серверних і клієнтських компонентів і трьох додаткових модулів, що підключені через три інтерфейси. реалізована в багаторівневій архітектурі з використанням VisiBroker для Java Object Request Broker [33]. П'ять основних компонентів системи:

19. сервер, який відповідає за оцінку даних та координацію всіх компонентів програми,

20. клієнт, який забезпечує інтерфейс користувача та представляє результати оцінювання користувачеві,

21. Адаптер джерела даних, який відповідає за реалізацію доступу до оперативних джерел даних і, таким чином, забезпечує сервер даними,

22. Бібліотека методів оцінювання, яка містить класи Java з процедурами оцінювання, що можуть бути застосовані до необроблених даних журналу аудиту, та

23. Бібліотека панелей оцінювання, яка складається з різних графічних представлень методів бібліотеки методів оцінювання.

Сервер - це окрема програма, яка координує роботу клієнтів та надає методи оцінювання, відповідні панелі графічного представлення, а також результати внутрішніх оцінок даних аудиту. Клієнт - це аплет Java, який можна виконати в будь-якому веб-браузері, що підтримує Java. Після завантаження початкової HTML-сторінки за допомогою вбудованого клієнтського аплету JAR-архіву з класами Java передаються клієнту, і аплет виконується. Якщо ORB-класи відсутні у веб-браузері, їх також необхідно передати. Оскільки VisiBroker містить менше 100 КБ байт-коду, це завантаження вимагає невеликої пропускної здатності.

Інтерфейс джерела даних з'єднує ядро системи з адаптером джерела даних. Адаптер джерела даних - це модуль відображення, спеціально розроблений для з'єднання вмісту бази даних журналу аудиту робочого процесу з репозиторієм журналів аудиту системи. Він виконує перетворення між форматами даних та забезпечує прозорий доступ до джерела даних. Хоча деякі системи робочих процесів дозволяють прямі запити до журналів аудиту, що зберігаються в реляційних базах даних, інші, такі як, наприклад, IBM MQSeries Workflow [34], надають користувачеві ASCII-файл даних журналу аудиту. У першому випадку доступ може бути реалізований за допомогою JDBC, тоді як в другому випадку ми покладаємося на Java-Beans, які забезпечують обробку ASCII-файлів, подібну до баз даних. Наразі для кожної системи управління робочим процесом необхідно розробляти окремий адаптер джерела даних. У процесі стандартизації загальних даних аудиту робочих процесів Коаліцією з управління робочими процесами [35] буде розроблено універсальний адаптер, який забезпечить доступ до всіх систем управління робочими процесами, сумісних з WfMC Interface 5. Якщо Коаліція з управління робочими процесами вирішить стандартизувати набір функцій API журналу аудиту, подібних до функцій API, зазначених для інтерфейсів 2 та 3 [36], універсальний адаптер джерела даних може бути вдосконалений цим набором функцій.

Крім того, різні адаптери джерел даних інтегрують різноманітні джерела даних. Відповідна інформація для моніторингу та контролю процесів походить не лише з систем управління робочими процесами, але й з інструментів моделювання бізнес-процесів та оперативних прикладних систем, таких як HR- модулі ERP-систем. Послідовна та прозора обробка цих даних з точки зору сервера реалізується шляхом спеціального налаштування механізмів доступу адаптера джерела даних.

На рисунку 3.2 показано фрейм навігатора даних, де користувач вибирає робочий процес або завдання для оцінювання. Залежно від вибору, інші поля вибору динамічно оновлюються, тобто якщо користувач вибирає певний екземпляр робочого процесу, доступними стають лише ті екземпляри завдань, які були виконані в межах цього конкретного екземпляра робочого процесу.

Рис. 3.1 - Фрейм навігатора даних

Методи оцінювання - це алгоритми аналізу інформаційних об'єктів, які можна застосовувати до одного або кількох різних типів об'єктів. Кожен метод оцінювання запитує дані оцінювання до джерела даних, тому структура даних джерела даних має бути відома розробнику методу оцінювання. Однак деякі методи можуть бути розроблені незалежно від аналізованих даних, що призводить до створення незалежної від системи довідкової бібліотеки методів оцінювання.

Коаліція з управління робочими процесами [37] може слугувати основою для розробки цих еталонних методів.

Методи оцінювання зберігаються в окремих класах Java, які можна динамічно завантажувати під час виконання. Таким чином, бібліотеку методів оцінювання можна розширювати без перезапуску або повторної компіляції сервера. Нові методи оцінювання доступні клієнтам, які були запущені після розширення бази методів.

Рис. 3.2 - Оцінка даних учасників робочого процесу щодо рівня активності

Серед інших методів оцінювання, підтримує гедоністичну модель оплати праці. Гедоністичні значення представлені графічно для кожного класу робіт та з плином часу. Завдяки цьому власник процесу може проаналізувати, чи адекватно використовуються ресурси, залучені до процесу. Бібліотека панелей оцінювання містить колекцію інтерфейсів користувача для представлення різних методів оцінювання. Кожен клас бібліотеки визначає прямокутну рамку з відповідними елементами графічного інтерфейсу. Наприклад, панель перерахування складається з двох стовпців тексту для відображення об'єктів та їх атрибутів, панель сітки складається з таблиці та відповідного графічного представлення її значень. Для кожного розпочатого оцінювання на сервері відкривається вікно на клієнтській сторінці, яке містить одну або декілька таких панелей оцінювання. Оскільки панель оцінювання може використовуватися кількома методами оцінювання, обсяг байт-коду, який необхідно передати клієнту, значно зменшується.

На рисунку 3.2 показано застосування оцінки часу обробки на рівні екземпляра діяльності. Ліворуч елементарні дані відображаються у таблиці, а вибравши відповідну панель діаграми, користувач може переглянути зміни часу обробки для певної діяльності у вигляді графіка, відстежуючи, наприклад, вплив кривої навчання.

Щоб обмежити доступ до бази даних моніторингу, наприклад, через юридичні обмеження або специфічні для компанії правила, може обмежити доступ до методів, даних та об'єктів. Для кожного з цих аспектів адміністратор може створити різні профілі.

24. Профіль доступу до методу визначає, які методи оцінювання можуть бути виконані для яких інформаційних об'єктів. Під час призначення методів необхідно переконатися, що метод оцінювання дійсно може бути виконаний з використанням заданого типу об'єкта. Типи інформаційних об'єктів у репозиторії посилаються за допомогою їхніх ідентифікаторів. Точний опис отримується з поточного джерела даних. Таким чином, можна уникнути потенційних конфліктів омонімів та синонімів, які часто зустрічаються серед систем управління робочими процесами (див., наприклад, [16]). Профіль доступу до методу також визначає зв'язки між методами оцінювання та пунктами меню. Таким чином, різні користувачі можуть отримати доступ до одного й того ж методу оцінювання в різних контекстних меню (наприклад, індуктивне та дедуктивне оцінювання, на відміну від класифікації за часом, витратами та якістю).

25. Профіль доступу до даних визначає підмножину даних джерела даних, до яких користувач може отримати доступ. Доступ до джерел даних може бути обмежений через часові або організаційні обмеження. Прикладом є керівник відділу, який може отримувати доступ лише до робочих процесів, що виконувалися в межах цього конкретного організаційного підрозділу.

26. Профіль доступу до об'єктів обмежує типи інформаційних об'єктів, які може переглядати та оцінювати користувач. Наприклад, доступ до типу об'єкта «використаний робочий процес» може бути обмежений з міркувань конфіденційності. Профіль доступу до об'єктів тісно пов'язаний з профілем доступу до методів, оскільки не рекомендується виключати з доступу користувача об'єкти, атрибути яких можна побачити в іншій оцінці.

На рисунку 3.3 показано екран входу в систему. Залежно від інформації про користувача оцінюються методи доступу, доступ до даних та профіль доступу до об'єктів, і для вибору надаються лише доступні бази даних репозиторію. Таким чином, можна реалізувати гнучке керування кількома користувачами, а також легко та гнучко вирішити проблеми конфіденційності.

Рис. 3.3 - Екран входу в систему

3.2 Концептуальне моделювання факторів ефективності цифрового моніторингу

Перш за все, внутрішня узгодженість зібраних 247 відгуків була статистично перевірена шляхом застосування альфа Кронбаха. Згідно з наявними рекомендаціями, значення $\alpha > 0,7$ вважається прийнятним, тоді як значення $\alpha > 0,9$ вважається відмінним значенням [38]. Для цих зібраних даних, тобто 247 відповідей, загальне значення альфа Кронбаха (α) було виявлено більшим за 0,85 для кожного розділу структури. На рис. 3.4 показано демографічні профілі респондентів накопичених даних.

Рис. 3.4 - Демографічні характеристики.

Можна помітити, що максимальна кількість відповідей була отримана від керівників та директорів проектів, що охоплює приблизно 51% даних. У демографічному розподілі за призначенням категорія «Інше» представляє генеральних менеджерів, інженерів-планувальників, інженерів з контролю якості/забезпечення якості, інженерів-тренерів та сміттєскладачів. Аналогічно, демографічний розподіл за досвідом показує, що 21% респондентів заявили про понад десять років досвіду роботи, а загалом 5,3 % респондентів заявили про понад п'ять років досвіду роботи. Отримана модель охоплює ефективні фактори впровадження технологій цифрового моніторингу ходу будівництва на близькій відстані. Загалом було визначено 36 факторів, на основі яких було проведено кількісне дослідження для збору даних для оцінки ефективності цих факторів. На основі цих зібраних даних було створено модель вимірювання для проведення підтверджувального факторного аналізу (ПФА) з метою оцінки валідності та надійності концептуальної основи. Згідно з практикою, факторне навантаження нижче 0,5 відкидається, а навантаження $\approx 0,7$ вважається адекватним для внеску латентного значення в моделі ПФА [39]. Однак для цього дослідження факторні навантаження спостережуваних змінних менше 0,6 були видалені для досягнення оптимальної «моделі вимірювання найкращого наближення», як показано на рис. 3.4.

Рис. 3.4 - Модель вимірювання, заснована на ефективних технологічних факторах.

Критерії валідності та надійності для оцінки моделі на найкращу відповідність були перевірені на уточненій моделі вимірювання. Надійність визначається як «ступінь узгодженості інструменту, тобто ступінь, до якої модель вимірювання є надійною у вимірюванні цільових латентних конструктивів» [40]. Однак, надійність конструктивів (CR) та внутрішня надійність є основними критеріями оцінки тестування надійності. Для порівняння, валідність визначається як «міра точності інструменту, що використовується в дослідженні, тобто здатність моделі визначати, що передбачається вимірювати для конструкту» [21]. Окрім цього, дискримінантна валідність, валідність конструктивів та конвергентна валідність (вилучена середня дисперсія (AVE)) є основними критеріями оцінки валідності моделі.

Таблиця 3.1 - Фактори автоматизованого моніторингу технологічної інфраструктури.

Назва критерію (атрибуту якості)	Опис критерію	Вага критерію
Функціональність (Functionality)	Здатність системи виконувати завдання, що задовольняють заздалегідь визначені потреби користувачів.	

Продуктивність (Performance) Час реакції системи на запити користувачів та ефективність використання системних ресурсів. 0.20
 Надійність (Reliability) Здатність системи безвідмовно виконувати свої функції за визначених умов протягом заданого періоду часу. 0.20
 Зручність використання (Usability) Ступінь зрозумілості, простоти вивчення та привабливості системи для кінцевих користувачів. 0.15
 Безпека (Security) Рівень захисту даних від несанкціонованого доступу та здатність протидіяти шкідливим діям. 0.20

У таблиці 3.2 ілюструються результати надійності (внутрішня надійність, CR та AVE) та валідності (конвергентна валідність та дискримінантна валідність) моделі вимірювання, а також мінімальні значення стандартних критеріїв тестування [22].

Діагональні значення в Таблиці 3.2 представляють квадратний корінь з AVE, тоді як позадіагональні значення є кореляціями між латентними змінними. Дискримінантна валідність отримується шляхом вимірювання квадратного кореня з AVE, який має бути більшим за міжконструктні кореляції; отже, модель вимірювання відповідає вищезазначеним критеріям. Крім того, важливим процесом щодо будь-якого SEM є оцінка загальної відповідності моделі, і за допомогою множинної якості відповідності (GOF) можна оцінити загальну відповідність базової моделі. Конструктивна валідність досягається для відповідності моделі шляхом оцінки GOF, що є життєво важливим для вдосконалення моделі та автентичності.

Таблиця 3.2 - Надійність та валідність факторів.

Модель / Метод (Model)	Точність (Accuracy)	Повнота (Recall)	F-міра (F-measure)	AUC
RF (Random Forest)	0.824	0.812	0.818	0.835
KNN (k-Nearest Neighbors)	0.758	0.742	0.750	0.762
SVM (Support Vector Machine)	0.796	0.785	0.790	0.804
DT (Decision Tree)	0.732	0.720	0.726	0.738

Для цієї мети було розроблено багато критеріїв, які можна згрупувати в три широкі категорії, тобто інкрементальні індекси відповідності, парсимонічні індекси відповідності та абсолютні індекси. Оскільки для вимірювання відповідності моделі було розроблено різні статистичні дані, Таблиця 3.3 ілюструє GOF для моделі вимірювання для найважливіших та найпоширеніших індексів відповідності, прийнятих у різних дослідженнях [23]. Однак, враховується індекс відповідності (GFI) < 0,80, який прийнято та рекомендовано для нових розробок [24]. Розроблена структура висвітлює ефективні фактори, впроваджуючи автоматизований моніторинг відповідно до технологій, що використовуються для збору даних. Під час процесу оцінювання різні змінні/фактори були видалені. Однак видалення були зроблені або через завантаження факторів менше 0,6, або для змінних, що вказують на великі значення коваріації з іншими. Вибір кожної змінної для видалення здійснювався відповідно, доки не було досягнуто GOF для всієї структури.

Категорія/конструкт «зображення місця» була уточнена до семи змінних/факторів, а також були видалені P5 (відстань від пристрою до об'єкта), P9 (погода), P10 (умови блискавки), P11 (стаціонарні елементи оклюзії) та P-12 (динамічні елементи оклюзії).

Таблиця 3.3 - Індекси GOF (конструктна валідність) для моделі вимірювання.

Категорія (Category)	Назва індексу (Index Name)	Індекс (Index)	Критерій прийнятності (Acceptance criteria)	Отримані значення (Attained Values)
Абсолютні індекси відповідності (Absolute Fit Indices)	Xi-квадрат розбіжності (Discrepancy Chi square)	Chisq	$p > 0.05$, $p > 0.01$	586.7
	Корінь середньоквадратичної помилки апроксимації (Root Mean Square of Error Approximation)	RMSEA	< 0.08	0.08
Абсолютні індекси відповідності (Absolute Fit Indices)	Індекс узгодженості (Goodness of Fit Index)	GFI	> 0.90, > 0.80	0.81
Інкрементні індекси відповідності (Incremental Fit Indices)	Порівняльний індекс відповідності (Comparative Fit Index)	CFI	> 0.90	0.91
Інкрементні індекси відповідності (Incremental Fit Indices)	Індекс Такера-Льюїса (Tucker-Lewis Index)	TLI	> 0.90	0.91
Ощадлива відповідність (Parsimonious Fit)		Xi-квадрат / ступінь вільності (Chi Square/Degree of freedom)	$Chisq/df < 2$, 3	2.2

Аналогічно, категорія/конструкт «3D-сканер» була уточнена до шести змінних/факторів, а також були видалені L3 (динамічний елемент оклюзії), L4 (діапазон вимірювання), L7 (умови блискавки) та L8 (погода). T1 (наявність іншого матеріалу) була видалена, а «відстеження та зондування» призвело до п'яти змінних/факторів.

Рис. 3.5 - Модель структури, побудована на основі технологічних факторів ефективності автоматизованого моніторингу.

V1 (стаціонарний елемент оклюзії), V2 (погода) та V6 (місце зйомки) були видалені з розділу «відео з місця» разом з рештою п'яти змінних/факторів. Отримана модель вимірювання відповідає критеріям надійності та критеріям валідності. Апроксимація моделі вимірювання призвела до розробки структурної моделі (CM). На рис. 3.5 зображено розроблену CM, яка є другим порядком побудови, а індекси апроксимації моделі CM для GOF наведено в таблиці 3.4, що демонструє хорошу апроксимацію.

Отримана кінцева модель відповідає критеріям відповідності моделі GOF. У моделі максимальні коефіцієнти навантаження отримали P3 (роздільна здатність зображення) з 0,88 у розділі «зображення місця», L9 (кількість точок сканування) з 0,86 у розділі «3D-сканер», V4 (специфікація) з 0,87 у розділі «відео місця» та T4 (неправильна класифікація матеріалу) з 0,83 у розділі «відстеження та зондування».

Автоматизована технологічна база моніторингу. Це дослідження проводилося на основі довідкової бази та факторів, визначених для технологій збору та виявлення даних на близькій відстані, щоб досягти ефективного автоматизованого моніторингу прогресу будівництва. Це призвело до розробки вдосконаленої, перевіреної та статистично перевіреної моделі на основі знань шляхом використання SEM. Процес SEM уточнив та оцінив 36 факторів за 23 критичними факторами для технологій моніторингу на близькій відстані для ефективного процесу оцифрованого вимірювання прогресу. Отримана кінцева модель показана на рис. 3.6.

Рис. 3.6 - Модель автоматизованого моніторингу на основі технологій.

Технологічна модель визначає параметри ефективності функціонування оцифрованої оцінки прогресу та надає чіткі вказівки щодо факторів, які слід враховувати для технологій для досягнення ефективних результатів автоматизованого моніторингу. З літератури можна зробити висновок,

що дуже мало досліджень було зосереджено переважно на визначенні технологічних факторів автоматизованого моніторингу. Натомість можна знайти дослідження, що використовують метод SEM, що визначають вплив BIM або ключових показників ефективності, враховуючи технології автоматизованого моніторингу на будівельні процеси, такі як дослідження, які запропонували модель на основі SEM, що враховує середовище BIM для технології збору даних на місці. Однак останнє дослідження зосереджено на впливі оцифрованих вимірювань прогресу будівництва з урахуванням робочих процесів BIM. Крім того, різні дослідження також висвітлювали порівняння технологій за їх операційними можливостями з кількома визначеними змінними. Пов'язали методи візуалізації, геопросторові та VR/AR з їхніми обмеженнями та перевагами. Аналогічно, порівняли та оцінили технології, що використовуються для моніторингу прогресу будівництва, з точки зору вартості, мобільності, ефективності часу, вимог до навчання, корисності, рівня автоматизації, необхідної підготовки та точності. У літературі також зазначається, що максимальні дослідження висвітлюють необхідні робочі параметри для процесів моніторингу, що впливає на результат. Однак більшість цих досліджень є специфічними для однієї технології, а визначені параметри різняться [25]. Наприклад, зосередилися на технології 3D-сканера, пояснили застосування методів візуалізації. Тоді провели поглиблене дослідження ефективних факторів, що впливають на експлуатаційні показники технологій автоматизованого моніторингу прогресу на близькій відстані, дотримуючись методології систематичного збору літератури. Визначили 36 основних факторів автоматизованого моніторингу прогресу за чотирма технологічними категоріями, дотримуючись наступного ряду: 1) поглиблений огляд 130 статей (технічних та оглядових), 2) напівструктуровані інтерв'ю, 3) пілотне опитування, 4) анкетування та статистичний аналіз. Однак, у дослідженні для розробки структури, тобто ранжування виявлених факторів, застосовувався лише RII, і бракувало розширеної статистичної оцінки та валідації.

Порівняно з вищезазначеними дослідженнями, поточна робота була спеціально зосереджена на технологіях збору даних на близькій відстані та оцінена ефективна основна дія факторів, що впливають на операційну ефективність моніторингу прогресу будівництва. Виділені фактори були проаналізовані шляхом вимірювання впливу їх зв'язку із зібраними даними та перевірені за допомогою SEM. Технологічна модель автоматизованого моніторингу надає чіткі рекомендації щодо факторів, які слід враховувати для технологій збору даних на близькій відстані для досягнення ефективних результатів автоматизованого моніторингу. Технології збору даних на близькій відстані були розділені на чотири категорії, а саме: зображення на місці (фотограмметрія, інфрачервона термографія), відео на місці (відеограмметрія), 3D-сканування (лазерне сканування, датчик Kinect) та відстеження та зондування (вузли рою, UWB, RFID). Кожна категорія виділяє ключові фактори, що впливають на результат та якість операцій збору даних під час моніторингу прогресу будівництва за допомогою певної технології. Фотограмметрія та інфрачервона термографія приймають цифрові зображення як вхідні дані для операцій. Таким чином, високотехнологічний та калібрований пристрій з хорошою роздільною здатністю зображення може фіксувати збагачені дані. Однак, якість даних може бути погіршена у разі неефективного кута зйомки зображень, якості повітря та втручання людини, що іноді може призвести до розмиття або нечітких зображень, що впливає на якість результату. Натомість, на результат фотограмметрії впливає кількість зображень, тобто велика кількість зображень дає щільну та детальну 3D-модель хмари точок, на відміну від інфрачервоної термографії. Крім того, збір даних за допомогою відеограмметрії залежить від умов освітлення та поведінки з камерою; погане освітлення та розмиття відеокадрів призводять до шумних моделей хмар точок. Більше того, специфікація відеокamera безпосередньо впливає на якість відео, що дозволяє отримувати збагачені дані, що призводять до детальних 3D-моделей. Однак, у випадку відео з дрона, вирівнювання польоту може впливати на якість відео. Третя категорія охоплює технології 3D-сканування, які включають лазерні сканери та сенсори Kinect. Якість сканованих 3D-моделей хмар точок залежить від специфікації сканера та правильного позиціонування/розміщення лазерного сканера в полі. Більша кількість точок сканування призведе до щільніших моделей хмар точок. Однак, якість збору даних може бути погіршена через відображення об'єктів. У випадку скануючих пристроїв, оклюзія є основною причиною неповних даних. Перешкоди були виявлені або через рухомі, або через нерухомі об'єкти; однак, у випадку сканерів, стаціонарні перешкоди є основними перешкодами для досягнення якісного результату. Оператор повинен забезпечити відсутність перешкод перед початком сканування та розмістити сканер у правильному місці для збору максимальної кількості деталей. Відстеження та зчитування охоплюють вузли RFID, UWB та рої; якість зчитування або відстеження всіх цих пристроїв може бути порушена або скомпрометована залежно від відстані між цільовим об'єктом та зчитувачем пристрою, оскільки точність виявлення цих пристроїв залежить від сили сигналу. Крім того, результати роботи пристроїв зчитування та відстеження порушуються в умовах перевантаженості будівельного майданчика, наявності матеріалів (металів та рідин) та кількох міток, що може призвести до неправильної класифікації матеріалів. Ця розроблена автоматизована технологічна модель моніторингу може стати основним орієнтиром або основою знань для фахівців будівельної галузі, особливо для нових користувачів. Модель висвітлює всі чинники, які, якщо їх не враховувати, можуть негативно вплинути на якість/діяльність збору даних за допомогою технологій моніторингу. Технології мають фінансовий вплив, створюючи нерішуче середовище серед малих або середніх підприємців щодо впровадження технологій у будівельні процеси; крім того, бракує інформації та основних рекомендацій, щоб запобігти таким ризикам у зацікавлених сторін. Ця технологічна модель охоплює основні та базові рекомендації з ефективними факторами для мотивації малих/середніх підприємців до впровадження технологій у будівельні процеси, оскільки технологічне середовище виявилось економічно ефективним у довгостроковій перспективі. Щоб культура Індустрії 4.0 була успішною в будівельній галузі, необхідно заохочувати будівельні фірми до впровадження технологій у будівельні процеси. Для досягнення цієї мети розроблена автоматизована технологічна модель моніторингу прогресу стане першим основним орієнтиром, який заповнить прогалину в знаннях та подолає страх перед впровадженням технологічних застосувань. Ця технологічна модель висвітлює 23 найчіткіших ефективних фактори для ефективного моніторингу прогресу. Однак, завдяки хорошим результатам моніторингу, також покращиться потік та результат зовнішніх пов'язаних процесів, що робить цю модель більш унікальною.

3.3 Результати дослідження та перспективи подальшого розвитку системи

Це дослідження мало на меті заповнити прогалину в основних принципах автоматизованого моніторингу ходу будівництва шляхом визначення та оцінки ефективних факторів, які можуть покращити або збагатити результати технологій збору даних та їхню операційну ефективність. Це дослідження проводилося за допомогою анкетування для збору професійних відгуків від галузі щодо технологічних факторів, що враховують технології близького радіуса дії, включаючи AR, рої вузлів, інфрачервону термографію, датчики Kinect, відеограмметрію, надширокопasmовий зв'язок (UWB), фотограмметрію, RFID та лазерний сканер. Після цього, після SEM-аналізу, була розроблена модель, яка забезпечує фактори для ефективного впровадження процесу цифрового моніторингу. Технологічна модель забезпечує базові рекомендації для ефективних операцій вимірювання ходу робіт близького радіуса дії на основі технологій та пов'язаних з ними факторів для ефективних результатів. Крім того, модель класифікувала технології за чотирма поняттями, а саме: **«відстеження та зондування»**, **«відео на будівельному майданчику»**, **«3D-сканування»** та **«зображення на будівельному майданчику»**. Водночас, кожен поняття підкріплюється кількома факторами, які можуть впливати на процес збору даних та впливати на якість результатів технологій моніторингу. Огляд літератури, проведений у цьому дослідженні, підкреслив, що будівельній галузі бракує інструкцій та базових рамок щодо ефективного впровадження автоматизованих процесів та технологій моніторингу

прогресу. Тому це дослідження передбачало створення моделі, заснованої на знаннях, для подолання інформаційної прогалини щодо операцій моніторингу та кращого розуміння технологічних параметрів. Відсутність таких стандартів підживлює вагання зацікавлених сторін будівельної галузі щодо впровадження таких технологій. Крім того, розроблена модель мотивуватиме зацікавлені сторони будівельного сектору до впровадження технологічних застосувань у будівельні процеси. Впровадження технологічних процедур сприятиме робочій темі Індустрії 4.0, що буде економічно вигідним у довгостроковій перспективі. Основних принципах автоматизованого моніторингу ходу будівництва шляхом визначення та оцінки ефективних факторів, які можуть покращити або збагатити результати технологій збору даних та їхню операційну ефективність. Це дослідження проводилося за допомогою анкетування для збору професійних відгуків від галузі щодо технологічних факторів, що враховують технології близького радіуса дії, включаючи AR, ройові вузли, інфрачервону термографію, датчики Kinect, відеограмметрію, надширококутний зв'язок (UWB), фотограмметрію, RFID та лазерний сканер. Після цього, після SEM-аналізу, була розроблена модель, яка забезпечує фактори для ефективного впровадження процесу цифрового моніторингу. Технологічна модель забезпечує базові рекомендації для ефективних операцій вимірювання ходу робіт близького радіуса дії на основі технологій та пов'язаних з ними факторів для ефективних результатів. Крім того, модель класифікувала технології за чотирма поняттями, а саме: «відстеження та зондування», «відео на будівельному майданчику», «3D-сканування» та «зображення на будівельному майданчику». Водночас, кожен поняття підкріплюється кількома факторами, які можуть впливати на процес збору даних та впливати на якість результатів технологій моніторингу. Огляд літератури, проведений у цьому дослідженні, підкреслив, що будівельній галузі бракує інструкцій та базових рамок щодо ефективного впровадження автоматизованих процесів та технологій моніторингу прогресу. Тому це дослідження передбачало створення моделі, заснованої на знаннях, для подолання інформаційної прогалини щодо операцій моніторингу та кращого розуміння технологічних параметрів. Відсутність таких стандартів підживлює вагання зацікавлених сторін будівельної галузі щодо впровадження таких технологій. Крім того, розроблена модель мотивуватиме зацікавлені сторони будівельного сектору до впровадження технологічних застосувань у будівельні процеси. Впровадження технологічних процедур сприятиме робочій темі Індустрії 4.0, що буде економічно вигідним у довгостроковій перспективі.

Майбутні дослідження. Це дослідження було зосереджено на розробці автоматизованої технологічної моделі моніторингу прогресу, яка висвітлює основні фактори, що впливають на операційну ефективність. Однак, для подальшого розгляду, поведінку технологічних параметрів можна оцінити разом з ключовими показниками ефективності (KPI) проекту, тобто вартістю, якістю та часом, а також впливом KPI на операції моніторингу. Крім того, поведінку технологічно-експлуатаційної структури також можна оцінити для пов'язаних з проектом первинних або вторинних процесів, які можуть включати управління ланцюгом поставок, управління безпекою, планування проекту та зовнішні наслідки, такі як викиди CO₂. Сферу застосування автоматизованої технологічної моделі моніторингу також можна розширити та розширити, включивши технології збору просторових даних та методи моніторингу прогресу.

Це дослідження було зосереджено на розробці автоматизованої технологічної моделі моніторингу прогресу, яка висвітлює основні фактори, що впливають на операційну ефективність. Однак, для подальшого розгляду, поведінку технологічних параметрів можна оцінити разом з ключовими показниками ефективності (KPI) проекту, тобто вартістю, якістю та часом, а також впливом KPI на операції моніторингу. Крім того, поведінку технологічно-експлуатаційної структури також можна оцінити для пов'язаних з проектом первинних або вторинних процесів, які можуть включати управління ланцюгом поставок, управління безпекою, планування проекту та зовнішні наслідки, такі як викиди CO₂. Сферу застосування автоматизованої технологічної моделі моніторингу також можна розширити та розширити, включивши технології збору просторових даних та методи моніторингу прогресу.

Сучасні підприємства зосереджуються на ідентифікації та початковій оптимізації процесів, тоді як безперервний цикл проектування процесів був впроваджений лише в невеликій кількості випадків. Частково це пов'язано з відсутністю спеціалізованих інструментів підтримки моніторингу та контролю процесів. Ми представили легкий, розподілений прототип інформаційної системи процесів, яка дозволяє оцінювати дані історії робочого процесу, використовуючи три перспективи: процес, ресурс та об'єкт. Для підтримки гнучкого рівня конфіденційності прототип реалізує концепцію безпеки, засновану на профілях доступу для методів оцінки, джерел даних та інформаційних об'єктів.

Наша майбутня робота зосереджена на активному зворотному зв'язку даних оцінки щодо моделювання процесів робочого процесу, замикаючи життєвий цикл робочого процесу та забезпечуючи активне керування в режимі реального часу, наприклад, шляхом перепризначення дій робочого процесу на основі аналізу робочого процесу або шляхом перенаправлення винятків робочого процесу на основі знань, яке спочатку передає винятки більш досвідченим ресурсам, перш ніж буде повідомлено члена наступного рівня ієрархії.

Моніторинг та контроль процесів на основі робочих процесів дозволяє оцінювати бізнес-процеси з вищою якістю даних, ніж раніше, і являє собою перспективну галузь розвитку для розробників інформаційних систем управління. Це дозволяє аналізувати процеси, застосування яких було неможливим через брак якісних даних, таких як гедоністична модель заробітної плати. Тим не менш, хоча існують привабливі технічні можливості, необхідно також враховувати культурні та правові обмеження.

ВИСНОВКИ

У цій бакалаврській роботі було спроектовано та розроблено інформаційну систему онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів. Метою роботи було створення програмного рішення, яке забезпечує автоматизований контроль параметрів виробничих процесів, збір та аналіз даних у режимі реального часу, а також підтримку прийняття рішень для підвищення ефективності функціонування підприємства. Завдяки використанню сучасних інформаційних технологій, методів цифрового моніторингу та програмних засобів ¹ вдалося створити систему, яка значно спрощує процес контролю технологічних процесів, зменшує часові витрати та підвищує точність обробки інформації.

Основні завдання роботи, зокрема аналіз наукових джерел, дослідження сучасних методів моніторингу, порівняння існуючих інформаційних систем, визначення теоретичних основ та розроблення програмного рішення, були успішно виконані. У роботі розглянуто статистичні методи моніторингу та контролю процесів, досліджено сучасні підходи до безперервної інженерії процесів, а також проведено аналіз функціональних можливостей цифрових систем моніторингу.

Розроблена інформаційна система дозволяє здійснювати онлайн-моніторинг технологічних процесів, контролювати ключові параметри функціонування обладнання та оперативно реагувати на відхилення від встановлених норм. Система забезпечує автоматизований збір даних, їх аналіз, візуалізацію результатів та формування повідомлень про критичні ситуації. Це дозволяє зменшити ризик виникнення аварійних ситуацій, підвищити стабільність виробничих процесів та покращити ефективність використання ресурсів підприємства.

У процесі розроблення було реалізовано прототип системи моніторингу та контролю робочого процесу, що забезпечує зручну взаємодію користувача із системою. Особливу увагу приділено створенню інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, забезпеченню швидкого доступу до інформації та можливості відображення даних у реальному часі. Для реалізації програмного рішення використовувалися сучасні підходи до розроблення інформаційних систем, засоби аналізу даних та технології візуалізації результатів.

Проведений аналіз ефективності цифрового моніторингу підтвердив доцільність використання інформаційних систем для автоматизації

контролю технологічних процесів. Використання системи дозволяє оперативно виявляти проблемні ділянки виробництва, контролювати показники продуктивності та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Крім того, система може бути адаптована до різних галузей промисловості, що розширює можливості її практичного застосування.

Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розробленої інформаційної системи на підприємствах для підвищення ефективності моніторингу технологічних процесів та оптимізації виробничої діяльності. Розроблена система також може використовуватися ⁶ у навчальному процесі під час вивчення дисциплін, пов'язаних із інформаційними технологіями, автоматизацією та цифровими системами управління.

Підсумовуючи результати роботи, можна зробити висновок, що застосування інформаційних систем онлайн-моніторингу є важливим напрямом розвитку сучасних технологій автоматизації виробництва. Розроблена система має перспективи подальшого вдосконалення, зокрема шляхом інтеграції з хмарними платформами, використання технологій штучного інтелекту для прогнозування відхилень та впровадження мобільних засобів доступу до системи. Це підтверджує практичну значущість і актуальність розробленого програмного рішення для сучасних підприємств.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sommerville, I. (2021). Software Engineering. Pearson.
2. Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). Software Engineering: A Practitioner's Approach. McGraw-Hill.
11. Bass, L., Weber, I., & Zhu, L. (2022). DevOps: A Software Architect's Perspective. Addison-Wesley.
4. Fowler, M. (2019). Refactoring: Improving the Design of Existing Code. Addison-Wesley.
5. Richardson, C. (2019). Microservices Patterns. Manning Publications.
6. Alpaydin, E. (2021). Introduction to Machine Learning. MIT Press.
7. Montgomery, D. C. (2020). Introduction to Statistical Quality Control. Wiley.
5. Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. (2021). ¹³ Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Morgan Kaufmann.
9. Tanenbaum, A. S., & Bos, H. (2023). Modern Operating Systems. Pearson.
10. Newman, S. (2021). Building Microservices. O'Reilly Media.
11. Microsoft Learn. ASP.NET Core Documentation. (2025). <https://learn.microsoft.com/aspnet/core/>
12. Microsoft Learn. Entity Framework Core Documentation. (2025). <https://learn.microsoft.com/ef/core/>
13. Microsoft Learn. Azure Architecture Center. (2025). <https://learn.microsoft.com/azure/architecture/>
14. Oracle. Java Documentation. (2025). <https://docs.oracle.com/>
15. Python Software Foundation. Python Documentation. (2025). <https://docs.python.org/>
16. Docker Documentation. (2025). <https://docs.docker.com/>
17. Kubernetes Documentation. (2025). <https://kubernetes.io/docs/>
18. Prometheus Documentation. (2025). <https://prometheus.io/docs/>
19. Grafana Labs Documentation. (2025). <https://grafana.com/docs/>
20. Zabbix Documentation. (2025). <https://www.zabbix.com/documentation/current/en/manual>
21. Splunk Documentation. (2025). <https://docs.splunk.com/>
22. Elastic Stack Documentation. (2025). <https://www.elastic.co/guide/>
23. Apache Kafka Documentation. (2025). <https://kafka.apache.org/documentation/>
24. RabbitMQ Documentation. (2025). <https://www.rabbitmq.com/documentation.html>
25. Apache Spark Documentation. (2025). <https://spark.apache.org/docs/latest/>
26. ISO/IEC 25010:2011 Systems and Software Engineering - Software Product Quality Requirements.
19. ISO 9001:2015 Quality Management Systems - Requirements.
28. IEEE 830-1998 Recommended Practice for Software Requirements Specifications.
29. IEEE 1012-2016 System and Software Verification and Validation.
30. IEC 61508 Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Systems.
31. GitHub Documentation. (2025). <https://docs.github.com/>
32. GitLab Documentation. (2025). <https://docs.gitlab.com/>
33. Jenkins User Documentation. (2025). <https://www.jenkins.io/doc/>
34. Terraform Documentation. (2025). <https://developer.hashicorp.com/terraform/docs>
35. Ansible Documentation. (2025). <https://docs.ansible.com/>
36. Wireshark User Guide. (2025). <https://www.wireshark.org/docs/>
37. Cisco Network Monitoring Guide. (2025). <https://www.cisco.com/>
38. IBM Cloud Monitoring Documentation. (2025). <https://www.ibm.com/docs/>
39. Google Cloud Monitoring Documentation. (2025). <https://cloud.google.com/monitoring/docs>
40. AWS CloudWatch Documentation. (2025). <https://docs.aws.amazon.com/cloudwatch/>

ДОДАТКИ

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема бакалаврської роботи - «Розроблення інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів»

Обсяг пояснювальної записки в аркушах - 65

Перелік графічного матеріалу:

КРБ 03.00.00.000 С3 - Діаграма варіантів використання інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів. Схема функціональна.

КРБ 03.00.00.000 С2 - Діаграма архітектури інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів. Схема структурна.

КРБ 03.00.00.000 С1 - Діаграма діяльності інформаційної системи онлайн-моніторингу перебігу технологічних процесів. Схема алгоритму функціонування.

Дата закінчення БР

Підпис студента  _____ Ваньчак В.І.

