

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
Дослідження методів Process Mining в IT-проектах прецедентного управління
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи УПГІТМ-21-1
Костянтин СКРИПАЛЬ
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)


Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Управління проектами
в галузі інформаційних технологій
(повна назва освітньої програми)

Керівник професор каф. ІУС Сергій ЧАЛИЙ
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри


(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ
(власне ім'я, прізвище)

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерних наук _____

Кафедра _____ Інформаційних управляючих систем _____


Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 122 Комп'ютерні науки _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-наукова _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Управління проектами в галузі інформаційних технологій _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____  _____
(підпис)

« 03 » квітня 20 23 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Скрипалю Костянтину Андрійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Дослідження методів Process Mining в ІТ-проектах прецедентного управління _____

затверджена наказом університету від 03 квітня 2023 р. № 319Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 18 05 20 23 р.


3. Вихідні дані до роботи _____ Науково-технічні публікації та інтернет джерела з тематики кваліфікаційної роботи _____


4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі вступ, дослідження прецедентів, розробка вдосконаленого методу process mining у іт проектах прецедентного управління, побудова плану проекту модулю інтелектуального аналізу процесів для прецедентного управління, реалізація та експериментальна перевірка вдосконаленого методів process mining в іт проектах прецедентного управління, , висновки.. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання для кваліфікаційної роботи	3.04.2023	Виконано
2	Аналіз предметної області для кваліфікаційної роботи	4.04.2023 – 7.04.2023	Виконано
3	Огляд і аналіз сучасного стану задачі «Дослідження методів process mining в ІТ-проектах прецедентного управління»	8.04.2023 – 10.04.2023	Виконано
4	Змістовний опис та аналіз структурних і функціональних особливостей	11.04.2023 – 14.04.2023	Виконано
5	Постановка задачі кваліфікаційної роботи	15.04.2023 – 16.04.2023	Виконано
6	Змістовний опис і аналіз інформаційних технологій, що використовуються	16.04.2023 – 18.04.2023	Виконано
7	Формування плану роботи на кваліфікаційною роботою	18.04.2023 – 19.04.2023	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	20.04.2023 – 30.04.2023	Виконано
9	Захист кваліфікаційної роботи	19.05.2023	Виконано

Дата видачі завдання 3 квітня 2023 р.

Студент 
(підпис)

Керівник роботи  професор каф. ІУС Сергій ЧАЛИЙ
(підпис) (посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 73 стор., 26 рис., 3 табл., 33 джерел.

ІТ ПРОЄКТИ, ІТ ПРОЄКТИ ПРЕЦЕДЕНТНОГО УПРАВЛІННЯ,
ПРЕЦЕДЕНТИ, СТРУКТУРИЗАЦІЯ, PROCESS MINING

Об'єкт дослідження – Процес прецедентного управління.

Предмет дослідження – Методи process mining.

Мета дослідження – Дослідження методів process mining для підвищення ефективності прецедентного управління.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's thesis: 73 pages, 26 figures, 3 tables, 33 sources.

IT PROJECTS, IT PROJECTS OF CASE MANAGEMENT, PRECEDENTS, PROCESS MINING, STRUCTURING,

Object of research - The process of adaptive case management .

Subject of research - Process mining methods.

The purpose of the study - Research of process mining methods to improve the efficiency of case management.

ЗМІСТ

Зміст.....	6
Скорочення та умовні позначки	7
Вступ.....	8
1 Дослідження прецедентів.....	10
1.1 Дослідження прецедентних підходів до вирішення задач управління..	10
1.2 Аналіз циклу прецедентного управління.....	14
1.3 Дослідження методів process mining	23
1.4 Постановка задачі дослідження.....	32
2 Розробка вдосконаленого методу process mining у іт проєктах прецедентного управління	38
2.1 Методи інтелектуального аналізу процесів для побудови моделей БП	38
2.2 Вдосконалення методу прецедентного управління з використанням process mining.....	41
3 Побудова плану проєкту модулю інтелектуального аналізу процесів для прецедентного управління	46
4 Реалізація та експериментальна перевірка вдосконаленого методів process mining в іт проєктах прецедентного управління.....	56
4.1 Підготовка журналу подій та його використання.....	57
4.2 Експериментальна перевірка працездатності	61
Висновки	68
Перелік джерел посилання	70

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АСУ – автоматизована система керування;

ІАС – інформаційно-аналітична система;

ІС – інформаційна система;

ІУС – Інформаційна управляюча система;

НВК – навчально-виховний комплекс;

ПК – персональний комп'ютер;

ППП – пакет прикладних програм;

СУБД – системи управління базами даних;

АСМ – Adaptive Case Management;

ВРМ – Business Process Management;

ВРМН – Business Process Model and Notation;

СММН – Case Management Model and Notation;

ОМГ – Object Management Group;

ВФМ – Workflow Management;

ХЕС – Extensible Event Stream.

ВСТУП

Прецедентне управління є важливим підходом в галузі управління, який дозволяє ефективно вирішувати задачі та приймати рішення на основі аналізу та використання вже наявних прецедентів або попередніх випадків. Цей підхід базується на використанні накопиченого досвіду та знань для розробки оптимальних стратегій та рішень. Прецедентне управління знаходить своє застосування в різних галузях, таких як бізнес, інформаційні технології, наука, медицина та багато інших. Воно дозволяє організаціям та фахівцям ефективно використовувати наявний досвід та знання для досягнення бажаних результатів та оптимального управління ресурсами. У даному дослідженні ми розглянемо основні принципи та методи прецедентного управління, проведемо аналіз його застосування в різних галузях та запропонуємо вдосконалені підходи до розв'язання задач, пов'язаних з управлінням на основі прецедентів.

Метою магістерської роботи є аналіз та опис особливостей прецедентного управління, а також аналіз можливостей інтелектуального аналізу процесів у поєднанні з ІТ проєктами прецедентного управління та розробка прототипу рішення для потенційної комбінації.

Маючи отримані дані про хід проєктування після його закінчення, у вигляді зв'язку каталогу вимог, наданих до інформаційної системи і списку робіт для реалізації цих вимог, можна дати оцінку складності наступних проєктів інформаційних систем на основі схожості вимог і робіт, а також спланувати нові списки робіт і призначити відповідних виконавців, що може зменшити трудовитрати і витрати на інші ресурси. Накопичуючи дані про такі проєкти і багаторазово використовувати їх, враховуючи, що їх використання було сприятливим при проєктуванні ІС, можна їх формалізувати в знання і використовувати при прийнятті рішень.

Проаналізувавши наявні рішення проблем ІТ проєктів прецедентного управління ми побачимо недоліки та створимо метод який буде працювати краще ніж існуючі методи для рішення для ІТ проєктів прецедентного управління. Після створення прототипу буде проведена експериментальна перевірка з реальними даними існуючої ІТ компанії, де і буде продемонстрована ефективність створеного методу.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ПІДХОДІВ ПРЕЦЕДЕНТНОГО УПРАВЛІННЯ

1.1 Дослідження прецедентних підходів до вирішення задач управління

Дослідження прецедентних підходів до розв'язання задач управління є актуальною темою, оскільки підходи, що ґрунтуються на аналізі та використанні попередніх прецедентів, мають потенціал для підвищення ефективності управління в різних галузях. Мета дослідження полягає у вивченні прецедентів як попередніх ситуацій або випадків, що можуть бути використані як основа для ухвалення рішень і розроблення стратегій управління. У межах дослідження розглядаються різні аспекти прецедентного підходу, включно зі збором і аналізом попередніх даних, ідентифікацією загальних шаблонів і залежностей, а також розробленням моделей і методів, заснованих на прецедентах. Основне завдання дослідження полягає у визначенні ефективних стратегій використання прецедентів для розв'язання конкретних завдань управління.

Прецедентне управління - це підхід до управління, заснований на аналізі попередніх досвідів і використанні вже наявних рішень як прецедентів. Воно дає змогу використовувати успішні стратегії, методи і моделі, розроблені та застосовані в минулих випадках, для вирішення поточних завдань і ухвалення рішень. Прецеденти можуть містити опис ситуацій, цілей, обмежень, ухвалених рішень та їхніх результатів. Перевагою прецедентного управління є можливість вилучення цінних уроків і досвіду з минулих випадків, що сприяє ефективнішому й обґрунтованішому управлінню в сьогоденні та майбутньому.

Управління бізнес-процесами (BPM) використовується для підтримки операційної діяльності в організаціях. BPM має на меті сформулювати статичний робочий процес для досягнення економічної ефективності за рахунок повторюваності та автоматизації. Всі можливі шляхи або потоки

управління можуть бути передбачені заздалегідь і автоматизовані під час виконання. Однак у непередбачуваних ситуаціях BPM стикається з проблемою гнучкості через нездатність передбачити всі можливі дії заздалегідь. Тому в таких непередбачуваних ситуаціях впроваджується Adaptive Case Management (АСМ). АСМ має на меті мінімізувати цей недолік BPM, надаючи гнучкі дозволи працівникам. Працівники можуть виконувати свої завдання з урахуванням своїх спеціальних знань і визначати бізнес-процеси на льоту в непередбачуваних ситуаціях.

В АСМ працівникам надається свобода керувати бізнес-процесами під час виконання. Працівники приймають рішення про дії залежно від поточної ситуації. Тому процеси здаються неструктурованими. У цій магістерській роботі основна увага приділяється аналізу того, як Process mining приносить користь неструктурованим процесам, на які орієнтований АСМ. Аналіз сценаріїв фокусується на (1) підтримці працівників, що працюють зі знаннями, за допомогою Process mining, (2) переході від неструктурованих до структурованих процесів за допомогою Process mining і (3) дотриманні нормативних вимог у неструктурованих процесах за допомогою Process mining. В результаті, Process mining приносить користь не лише структурованим процесам, але й АСМ може отримати вигоду від Process mining, навіть якщо АСМ є непередбачуваним і неструктурованим процесом.

Після аналізу трьох сценаріїв один з них реалізовано в якості прототипу. У зв'язку з важливістю комплаєнс-регламентів в організаціях та зменшенням дослідницької роботи, проведеної щодо комплаєнс-регламентів у неструктурованих процесах, у цій магістерській роботі обрано сценарій (3) та запропоновано підхід до перевірки комплаєнсу для неструктурованих процесів за допомогою Process mining. Для підтвердження концепції використовується PROM - інструмент для Process mining та Oryx - редактор для моделювання процесів. PROM використовується для виявлення структурованого процесу з неструктурованого. Платформа Oryx використовується для реалізації нових функцій перевірки відповідності, що

складаються з графічного визначення правил, створення правил і перевірки правил за журналом. Крім того, підхід оцінюється за допомогою реального журналу даних, щоб перевірити правильність і застосовність до реальних ситуацій.

За мету беремо дослідити потенціал спільного використання двох різних дисциплін, однією з яких є Process mining, а іншою - адаптивний кейс-менеджмент. Process mining спрямований на вилучення того, що насправді відбувалося в організації, з історичних даних або журналу подій. Адаптивний кейс-менеджмент має на меті підтримати кваліфікованих працівників у непередбачуваних ситуаціях. Process mining спрямований на використання логів виконання бізнес-процесів. Ідея застосування Process mining в контексті систем управління робочими процесами з'явилася ще в 90-х роках. Процесний аналіз надає інформацію про наскрізні процеси в організаціях. З цієї причини методи Process mining зараз використовуються на більшості етапів життєвого циклу BPM, від виявлення до моніторингу [1]. Різноманітні додатки отримують вигоду від застосування методів Process mining, таких як побудова моделі процесу на основі журналу подій, вдосконалення процесу та перевірка відповідності для виявлення відхилень.

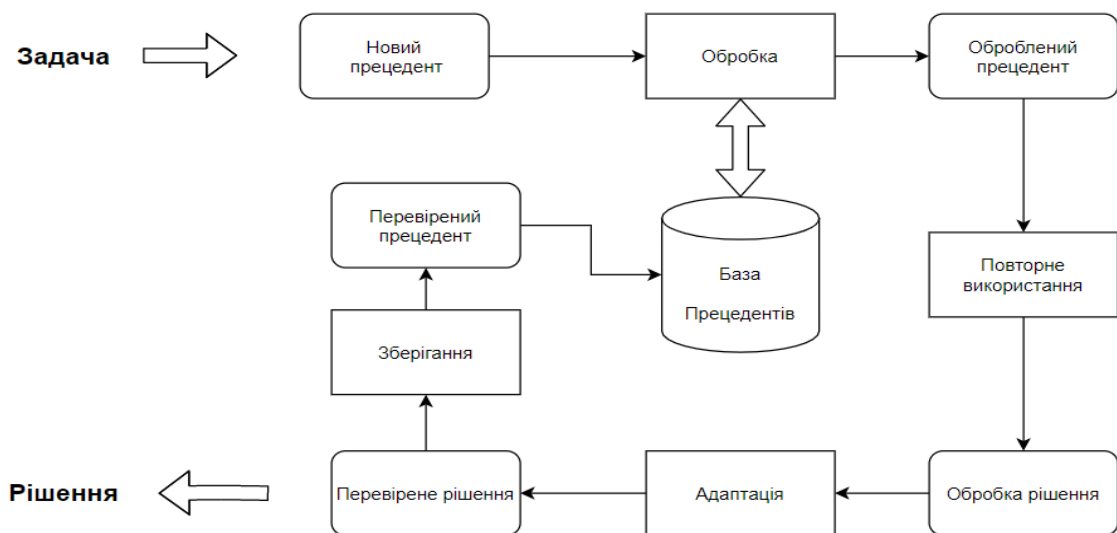


Рисунок 1.1 - Схема precedentного управління

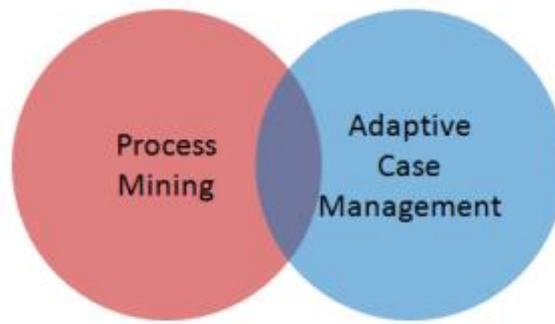


Рисунок 1.2 - Сфера дослідження

Рисунок 1.2 ілюструє сферу дослідження, яка знаходиться на перетині Process mining та адаптивного кейс-менеджменту. Застосування методів Process mining, таких як побудова моделі процесу на основі журналу подій і виявлення відхилень, може бути корисним для багатьох застосувань. Адаптивне управління випадками використовується у виняткових ситуаціях у невизначеному середовищі. У цій магістерській роботі досліджується виявлення перетинів між Process mining та адаптивним управлінням випадками, тобто аналізується, як Process mining може принести користь адаптивному управлінню випадками.

Методологія дослідження, застосована в цій магістерській роботі, проілюстрована на рисунку 1.3. Метод складається з визначення сфери застосування, аналізу визначених сценаріїв, вибору сценарію, проектування архітектури прототипу, визначення методів і технологій, реалізації та оцінки прототипу рішення з використанням реальних даних.

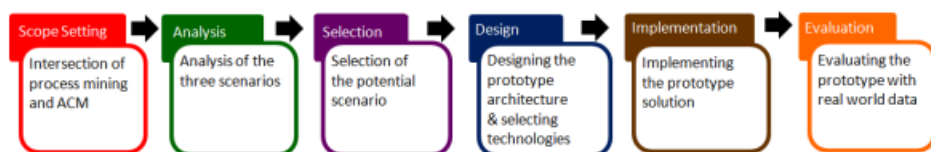


Рисунок 1.3 - Методологія дослідження

Обсяг дослідження визначено з метою використання потенціалу Process mining в поєднанні з АСМ. Потім проаналізовано сучасні підходи до технологічного Process mining та АСМ з їхніми подібностями та відмінностями щодо цих трьох сценаріїв:

Сценарій 1: Чи може Process mining стати корисним доповненням до адаптивного рішення для управління кейсами для працівників, що володіють знаннями?

Сценарій 2: Чи можна в неструктурованому процесі використовувати Process mining для забезпечення дотримання певних нормативних вимог?

Сценарій 3: Чи можна використовувати Process mining для переходу від неструктурованих до частково структурованих процесів?

Після цього на основі аналізу трьох сценаріїв обирається потенційний комбінований підхід. Потім обраний сценарій розробляється в архітектурі прототипу. Після цього обговорюються методи і технології, щоб визначити найкращі підходящі методи для підходу. Нарешті, прототип рішення реалізується і оцінюється за допомогою реальних даних журналів.

1.2 Аналіз циклу прецедентного управління

Технологічні рішення останніх десятиліть суттєво змінили спосіб роботи в організаціях. Рутинні та менш кваліфіковані роботи були замінені та автоматизовані машинами або програмними системами. Як результат, працівники можуть витратити менше часу на рутинну роботу і присвятити свій час більш складним завданням, які вимагають багато мислення. Таким чином, існує потреба в новому підході до підтримки людей, які думають, щоб заробляти на життя, тобто працівників, що займаються знаннями. Це нова парадигма, яка називається адаптивним кейс-менеджментом.

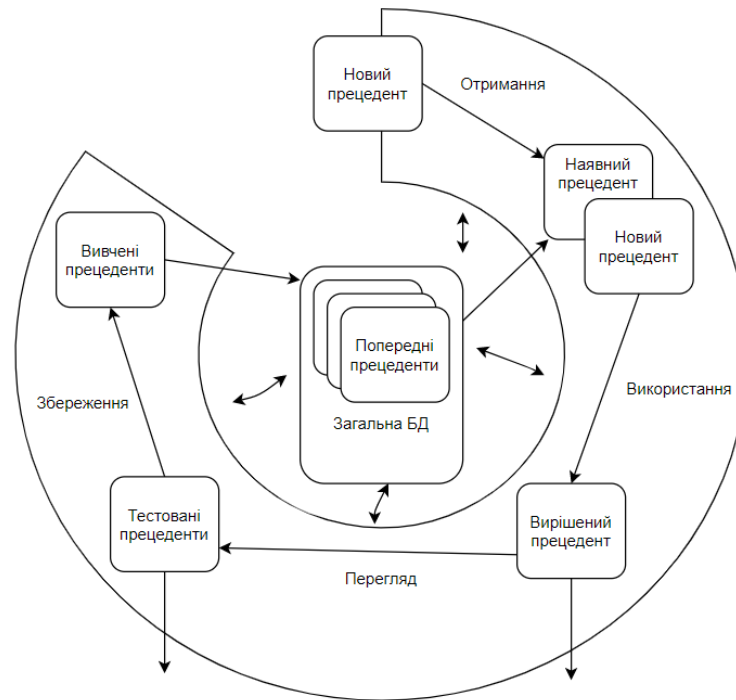


Рисунок 1.4 - Модель прецедентного управління

Основна мета адаптивного управління кейсами (АСМ) - досягти високої гнучкості під час виконання процесів. АСМ використовується для підтримки працівників сфери знань у непередбачуваних ситуаціях. Працівники знань виконують свою роботу в гнучкій манері за принципом планування за фактом. Роботи, які виконують працівники знань, - це так звані роботи зі знаннями, які часто неможливо визначити заздалегідь, тому вони мають дуже низький ступінь повторюваності. Через детальні відмінності від випадку до випадку, рішення про дії необхідно приймати, враховуючи поточну ситуацію. За допомогою АСМ можна підвищити продуктивність працівників знань, оскільки працівники знань отримують дозвіл використовувати свої знання для прийняття розумного рішення, яке не є просто автоматизованим рішенням для них.

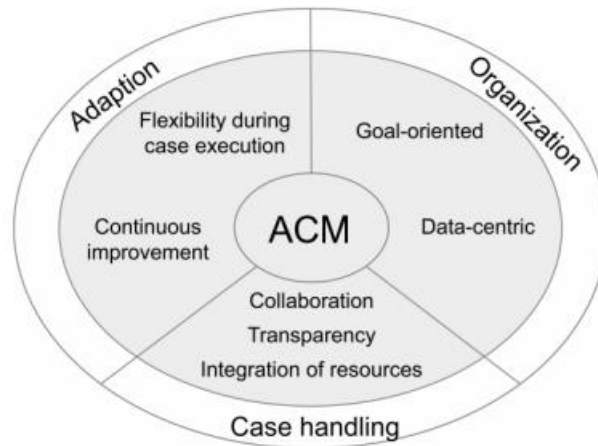


Рисунок 1.5 - Характеристики АСМ

Adaption: Це здатність, яка вимагає адаптації до змін у поточних ситуаціях, тобто гнучкості під час виконання. З кожним виконанням шаблони процесів можна постійно вдосконалювати за допомогою зворотного зв'язку з користувачами.

Organization: Мета і дані є важливими вимогами в АСМ. У той час як дані часто змінюються в невизначеній ситуації, цілі залишаються незмінними. Тому фахівці зі знань повинні дотримуватися цілей і вирішувати кейси, беручи до уваги дані, які є доступними на даний момент.

Case handling: У складних випадках працівники сфери знань потребують співпраці з кількома ролями, щоб вирішити їх. Співпраця вимагає прозорості, що означає, що вона має бути видимою і доступною для інших. Ресурси мають бути інтегровані, включно з інструментами, а інформація має бути зібрана і доступна для працівників сфери знань.

Наявність набору випадків не є достатнім для етапу пошуку, спочатку ці випадки мають бути організовані в бібліотеку випадків бібліотеку випадків. Найпростіша форма організації кейсів - це структура плоского масиву, за якої пошук кейсів відбувається на послідовній основі. Двома іншими популярними методами організації кейсів є ієрархічні дерева та дискримінаційні мережі (Kolodner, 1993). Як і в попередніх випадках аргументації на основі кейсів (Choobineh & Lo, 2004; Paek, Seo & Kim, 1996; Storey, Chiang, Dey та ін., 1997),

бібліотека кейсів бібліотека кейсів організована за допомогою ієрархічної системи бізнес-класифікації. Обґрунтування вибору ієрархічної організаційної структури полягає в тому, що з усіх ознак, визначених для представлення кейсів для представлення кейсів, єдиними придатними є галузева класифікація та бізнес-процеси. Багато таксономій промислової класифікації було опубліковано (Borschiver, Wongtschowski & Antunes, 2004), і наявність попередньо складеної структури полегшує додавання нових кейсів до бібліотеки кейсів.

Кількість ієрархічних рівнів промислової класифікації зазвичай варіюється між трьома і чотирма. Однак, кількість рівнів не заважає будь-якій системі бути сумісною з моделлю CBR. Більша кількість рівнів у системі означає збільшення деталізації бібліотеки кейсів, що може призвести до більш точного зіставлення справ, але за рахунок обслуговування додаткових адміністративних за рахунок обслуговування додаткових адміністративних витрат на пошук і зберігання справ через обхід дерева.

Нова концепція кейс-менеджменту також має кілька синонімів, наприклад, робота з кейсами, адаптивний кейс-менеджмент, динамічний кейс-менеджмент і просунутий кейс-менеджмент. Ідея мати кейси та працювати з ними не нова, але те, як ці кейси, роботи зі знаннями та працівники, які працюють зі знаннями, обробляються та підтримуються, є новим. Велика кількість постачальників інструментів стверджують, що вони підтримують методологію ACM, наприклад, OpenText, Isis Papyrus, Oracle та IBM. Однак, моделі процесів, створені за допомогою різних інструментів, не можуть бути взаємозамінними без конвертації. Щоб вирішити цю проблему, Object Management Group (OMG) опублікувала стандарт управління кейсами Case Management Model and Notation 1.0 (CMMN). CMMN - це стандарт для визначення елементів у продуктах Case Management. Він працює так само, як Business Process Model and Notation (BPMN), що стандартизує моделі в управлінні бізнес-процесами (BPM).

Задача полягає в тому, як АСМ може покращити свої процеси в неструктурованих умовах. А також проблема балансування між структурованими процесами для повторюваних аспектів і неструктурованими процесами для сприяння творчим аспектам. Крім того, існує потреба зберігати і витягувати інформацію з дуже неструктурованих процесів і робити її доступною для інших працівників. Ще одним цікавим викликом є забезпечення системи підтримки для надання рекомендацій працівникам сфери знань під час виконання кейсів, щоб допомогти визначити найкраще рішення в конкретних або невідомих ситуаціях.

Управління бізнес-процесами (Business Process Management, BPM) стало бізнес-культурою за останнє десятиліття [2]. Метою BPM є автоматизація операційної діяльності в бізнес-процесах для досягнення бізнес-цілей. У традиційному BPM всі можливі шляхи та дії визначаються заздалегідь і автоматизуються під час виконання. У той же час Adaptive Case Management (АСМ) було впроваджено для виконання вимоги управління процесами в адаптивних середовищах. АСМ спрямований на підтримку процесів, в яких беруть участь працівники, що володіють знаннями, тому він забезпечує високий ступінь гнучкості, що дозволяє працівникам, що володіють знаннями, виконувати свою роботу, застосовуючи свій спеціальний досвід.

Порівняння традиційних підходів BPM та АСМ проілюстровано на рисунку 1.6. Ранній стиль BPM має елементи управління або визначені процеси в якості ядра системи. Дані проходять через потоки елементів керування як екземпляри процесів. Це означає, що процес є первинним і зазвичай статичним. На противагу цьому, АСМ розміщує дані в центрі, які здатні підтримувати навколишні процеси для прийняття рішень, коли це необхідно. Дані вважаються первинними в АСМ. У більшості випадків процеси не можуть бути повністю наперед визначені, працівники знань повинні визначати їх на льоту залежно від ситуації [3]. Загалом, традиційний BPM фокусується на заздалегідь визначених маршрутах процесів, з іншого боку, в АСМ основна увага приділяється самому кейсу.

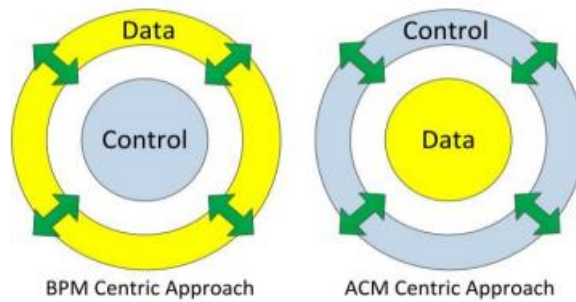


Рисунок 1.6 - Підходи BPM та АСМ.

Таблиця 1.1 – Ключові відмінності між BPM та АСМ

BPM	АСМ
Здатність визначати впорядковану послідовність дій	Здатність визначати неупорядкований набір видів діяльності
Послідовність дій стабільна і майже не змінюється. Процес передбачуваний і повторюваний.	Діяльність відбувається непередбачувано
Процес визначає події	Події визначають процес
Діяльність визначена, може бути автоматизована і повторювана.	Люди визначають види діяльності та обирають найкраще рішення для кожного конкретного випадку
Зовнішні документи не є важливою частиною процесу	Зовнішні документи важливі для прийняття рішень

Використання Process Mining з адаптивним управлінням кейсами. АСМ має на меті підтримати працівників сфери знань у виконанні їхньої роботи в непередбачуваних ситуаціях. Тому розробка моделі процесу для АСМ може бути недоцільною через розмаїття ситуацій. Модель процесу ніколи не буде змінюватися, а журнал подій, створений в результаті виконання цієї моделі процесу, буде дуже складним. З цієї причини вважалося, що інтелектуальний аналіз процесів не може бути корисним для АСМ, оскільки АСМ є неструктурованим процесом, тоді як інтелектуальний аналіз процесів добре

працює для структурованих процесів . Однак [4] припускає, що немає необхідності визначати всю модель процесу заздалегідь, а скоріше визначити основні процеси і забезпечити правильні ресурси і інструменти для працівників, що працюють зі знаннями, в потрібний час. Це означає, що в неструктурованих процесах все ще існують структуровані процеси, які ховаються в неструктурованих процесах, і АСМ все ще може отримати вигоду від інтелектуального аналізу процесів.

Запропоновані можливості використання process mining в АСМ:

- process mining може допомогти покращити рутинні процеси, що існують в АСМ, оскільки працівники, що займаються знаннями, все ще використовують деякі рутинні процеси для виконання своїх завдань;

- приховані структуровані процеси в АСМ можна отримати за допомогою process mining. Крім того, виявлені патерни можна перетворити на найкращі практики або шаблони і поділитися ними з іншими працівниками, що займаються знаннями;

- process mining може допомогти у прийнятті рішень працівниками сфери знань, фіксуючи їхню поведінку та пропонуючи рекомендації на основі дій, виконаних у минулих подібних випадках;

- process mining можна використовувати для створення взаємозв'язків між такими ресурсами, як соціальні мережі та комунікаційні потоки між працівниками сфери знань.

Підсумовуючи, можна сказати, що process mining є основною технікою для розуміння і вдосконалення не тільки структурованих процесів, але й АСМ може отримати вигоду від process mining, навіть якщо АСМ є непередбачуваними і неструктурованими процесами.

АСМ може отримати вигоду від process mining, однак АСМ має забезпечити process mining достатньою інформацією. [5] пропонує наступні рекомендації щодо зберігання інформації в журналах подій:

– послідовність у журналах подій: дії працівників зі знань повинні бути записані в журналах подій у послідовний спосіб, щоб process mining міг точно створити модель процесу на основі журналів подій;

– включаючи інформацію про ресурси: було б корисно показати соціальні мережі, щоб побачити комунікацію між працівниками сфери знань. теги даних взаємодій, таких як запит, очікування, звітування або передача, можуть бути додані до журналів подій, щоб бачити повні потоки між ресурсами;

– стовпчик шаблону: це корисна інформація, яка використовується для відстеження та майбутніх покращень. Наприклад, який шаблон використовується найчастіше в певних ситуаціях, а який – рідко.

Зрештою, не існує суворого правила додавання інформації до журналів подій. Це залежить від того, що організація хоче дізнатися про процеси, роботи зі знаннями та працівників зі знань в адаптивній системі управління справами.

Схема прецедентного управління - це метод управління, який базується на попередньому досвіді та подіях, щоб ухвалювати рішення в сьогодні. Він передбачає аналіз даних, пов'язаних із досвідом і подіями минулого, щоб на основі цього досвіду розв'язувати поточні проблеми та ухвалювати стратегічні рішення.

Процес прецедентного управління починається зі збору даних про минулі події, досвід і рішення, пов'язані з тими самими або схожими проблемами, які потрібно вирішити сьогодні. Це можуть бути дані про попередні проекти, випадки задоволення клієнтів, ухвалені рішення, їхню ефективність і наслідки.

Після збору даних та аналізу їхніх ключових факторів і закономірностей необхідно створити базу даних прецедентів. Кожен прецедент описується в базі даних у вигляді запису, що містить інформацію про подію, проблему, рішення, ухвалене в результаті цієї події, а також про її наслідки. Таким чином, база даних прецедентів є таким собі сховищем знань, які можна використовувати для прийняття рішень у майбутньому.

Коли виникає нова проблема або потрібно прийняти рішення, менеджери звертаються до бази даних прецедентів, щоб знайти аналогічні випадки з минулого. Вони аналізують дані з бази, використовуючи їх для розробки рішення, адаптованого до поточної ситуації. Адаптація рішення може вимагати включення додаткових чинників, урахування змін у навколишньому середовищі або уточнення рішення для найбільш ефективного результату.

Після того, як рішення ухвалено і реалізовано, необхідно оцінити його ефективність і наслідки. Це дасть змогу поліпшити базу даних прецедентів, навчити менеджерів ухвалювати ефективніші рішення в майбутньому, а також сформувати знання та досвід, який можна використовувати для розв'язання нових проблем.

Прецедентний підхід до управління має низку переваг, таких як підвищення якості та ефективності управління, прискорення про вдосконалення та оптимізація бізнес-процесів, зменшення ймовірності помилок і невдалих рішень, а також навчання персоналу на основі досвіду та знань, накопичених у базі даних прецедентів.

Однак, важливо розуміти, що прецедентний підхід до управління має свої обмеження. Деякі проблеми можуть бути унікальними і не мати аналогів у базі даних прецедентів, що вимагає більш творчого та інноваційного підходу. Крім того, для того щоб база даних прецедентів була корисною, її необхідно постійно оновлювати та доповнювати новими записами на основі нових подій і рішень.

Прецедентний підхід до управління має низку переваг за рахунок використання попереднього досвіду:

- підвищення ефективності управління;
- зменшення витрат ресурсів;
- зменшення ймовірності помилок.

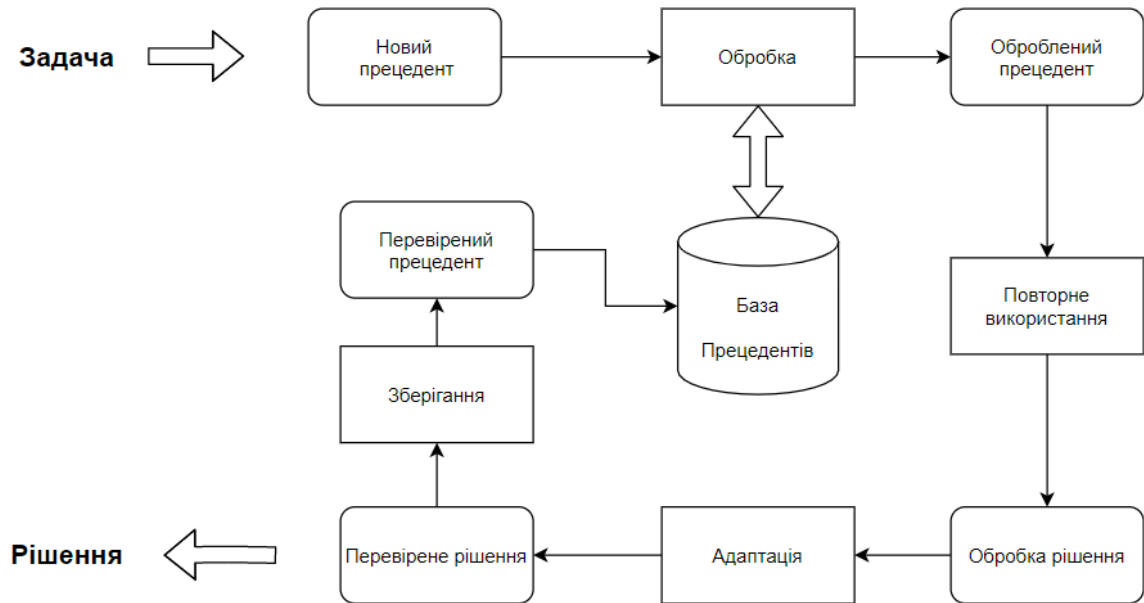


Рисунок 1.7 - Схема прецедентного управління

1.3 Дослідження методів process mining

Process Mining – це аналіз процесів за допомогою логів. Ідея застосування Process mining в контексті систем управління бізнес-процесами з'явилася ще в 90-х роках. Процесний аналіз дає змогу отримати інформацію про наскрізні процеси в організаціях. З цієї причини методи Process mining зараз використовуються на більшості етапів життєвого циклу BPM, не тільки на етапі проектування, але й на етапах впровадження, моніторингу та коригування [6]. Очевидним прикладом є використання Process mining на етапі діагностики. На етапі діагностики Process mining використовується для виявлення можливостей для вдосконалення процесів і надання ідей для редизайну.

Ван дер Аалст дав визначення process mining як: "Процесний аналіз спрямований на виявлення, моніторинг та вдосконалення реальних процесів

шляхом вилучення знань з журналів подій, які легко доступні в сучасній інформаційній системі" ... Van der Aalst 2011 [6].

Процесний аналіз знаходить знання з журналів подій і графічно представляє бізнес-процес за допомогою моделі процесу. Виявлена модель процесу відображає реальність, описуючи залежності між виконуваними діями.



Рисунок 1.8 - Основні типи Process mining: перевірка відповідності, виявлення процесів та вдосконалення моделей.

Як показано на рисунку 1.8, існує три основні типи задач Process mining, що складаються з виявлення процесів, перевірки відповідності та вдосконалення моделі. Техніка виявлення процесу виявляє модель, використовуючи лише журнал подій як вхідні дані. Це призводить до створення так званої початкової моделі процесу. Виявлена модель процесу може бути використана як для перевірки відповідності, так і для вдосконалення моделі. Методика перевірки відповідності діагностує фактичну поведінку (журнал подій) з модельованою поведінкою (початкова модель процесу) для виявлення відхилень між журналом і моделлю процесу. Діагностична інформація, отримана в результаті перевірки відповідності, може бути використана для покращення моделі. Ідея покращення моделі

полягає в тому, щоб покращити або розширити початкову модель процесу, враховуючи діагностичну інформацію.

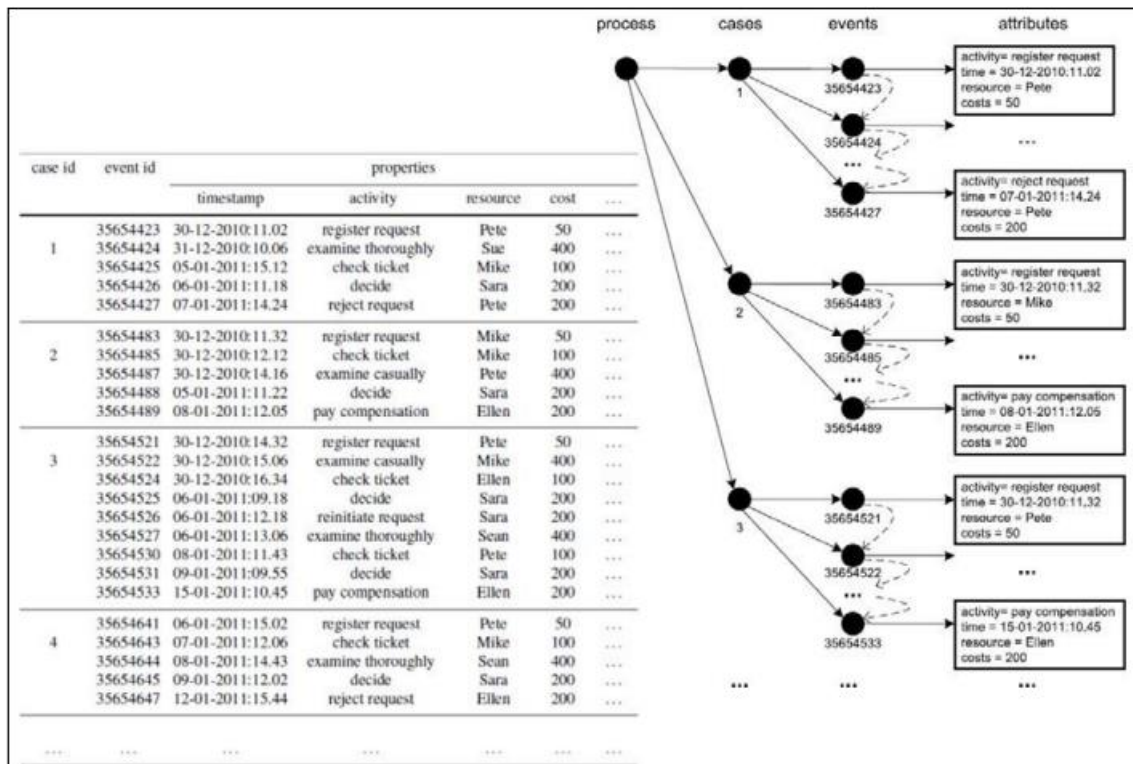


Рисунок 1.9 - Загальна структура журналів реєстрації подій(event log)

Журнал подій є відправною точкою для процесу process mining, як показано на рисунку 1.9. Журнал подій реєструється програмним забезпеченням. Загальна структура журналу подій показана на рисунку 1.3.2. Процес складається з випадків або завершених екземплярів процесу. Кожен кейс складається з послідовності подій, яка називається трасуванням. Подія може мати будь-які додаткові атрибути (часові мітки, вартість, ресурси тощо) залежно від цілей організації. Ці додаткові атрибути важливі для певного аналізу, наприклад, для виявлення вузьких місць, які сповільнюють потік процесу.

Формати журналів подій можуть бути різними, залежно від інформаційних систем або цілей. Однак важливим моментом є якість журналів подій. Причина полягає в тому, що на результат process mining сильно

впливають вхідні дані. Тому до журналів подій слід ставитися як до першокласних громадян в інформаційних системах.

Однак, IEEE Task Force on Process Mining обрала XES (Extensible Event Stream - розширюваний потік подій) як стандартний формат для журналів подій. Крім того, формат XES підтримується популярними інструментами process mining, такими як ProM2 і Disco3 .

У наступному розділі більш детально розглядаються типи process mining, включаючи виявлення процесів, перевірку відповідності та вдосконалення моделей. Також представлено застосування та приклади алгоритмів, що застосовуються для кожного типу.

Методи виявлення процесів перетворюють журнал подій на модель процесу. Вихідна модель процесу достатньо описує спостережувану поведінку без використання будь-якої додаткової інформації, тобто автоматично будує модель процесу на основі лише журналу подій [7]. Рисунок 1.10 ілюструє загальний огляд процесу виявлення процесів. Записи журналу, створені під час виконання процесу, потрапляють до системи виявлення процесів. Виявлення процесів аналізує журнали і будує на їх основі вихідну модель процесу.

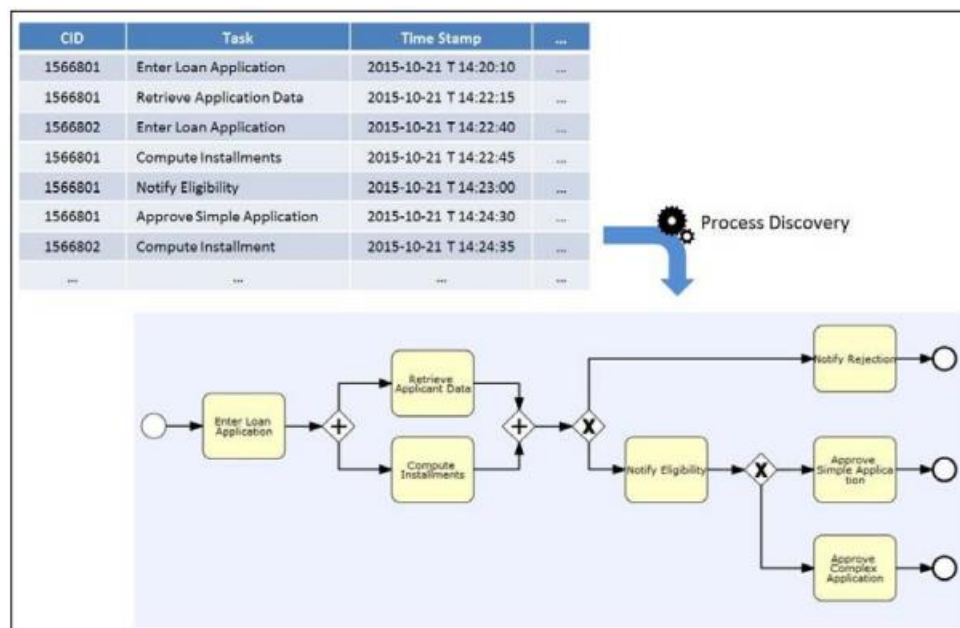


Рисунок 1.10 - Огляд процесу виявлення процесів

Інформаційні системи були розроблені для забезпечення дотримання процедур в організації. Однак фактичні процеси можуть відрізнятись від них у реальності. Тому виявлення фактичної поведінки на основі даних про події може дати організаціям важливу інсайдерську інформацію для подальшого вдосконалення. Наприклад, вдосконалення процесів і конфігурації WFM/BPM (виявлення моделі процесу і використання її як шаблону для конфігурації).

Приклади алгоритмів виявлення процесів

Альфа-алгоритм, він сканує журнал подій на наявність певних шаблонів. Альфа-алгоритм простий, але ефективний. Однак, він все ще має проблеми в роботі зі складними конструкціями маршрутизації та шумами[8-9].

Підходи на основі регіонів, які включають регіони на основі станів та регіони на основі мов, здатні виявляти більш складні потоки керування. Основна ідея полягає в тому, щоб виявити місця і додати місця, які не виключають жодної поведінки, зафіксованої в журналі подій.

Евристичний видобуток та нечіткий видобуток є відомими алгоритмами для обробки шумів та неповноти. Шуми відносяться до аномальної поведінки. Неповнота - це недостатня кількість даних для використання в інтелектуальному аналізі процесів. Обидва алгоритми виявляють модель процесу на основі частоти виконання дій та кількості разів, коли одна дія слідує за іншою.[10]

Журнал подій порівнюється з моделлю процесу того самого процесу, тобто перевіряється, чи відповідає реальність моделі процесу і навпаки. Модель може бути визначена заздалегідь або виявлена при виявленні процесу. рисунок 1.11 ілюструє порівняння спостережуваної поведінки з модельованою поведінкою. Глобальні заходи відповідності показують загальний результат перевірки відповідності. Локальна діагностика позначає протиріччя між моделлю та журналом подій, підсвічуючи вузли [11]. Методи перевірки відповідності розглядають події в журналі як дії в моделі, наприклад, події зіставляються з переходами в мережі Петрі. Таким чином, поведінку, що спостерігається в журналі подій, можна порівняти з модельованою

поведінкою. Існують різні застосування перевірки відповідності. Наприклад, виявлення відхилень, оцінка якості знайденої моделі процесу, цілі аудиту та вдосконалення моделі.

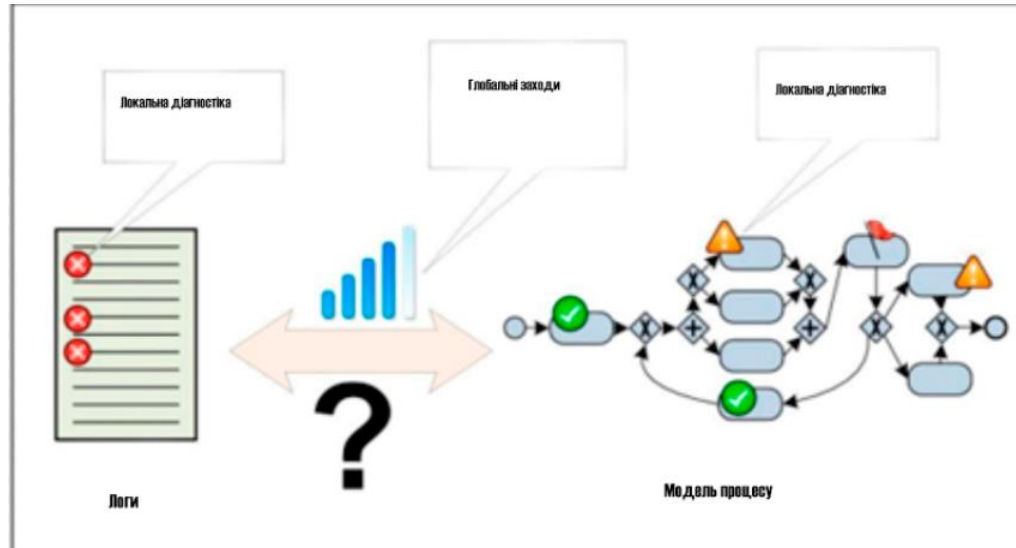


Рисунок 1.11 - Узагальнена схема перевірки відповідності моделей процесів

Методи перевірки відповідності можна поділити на три категорії [12]. Перший підхід - це порівняння слідів. Слід - це матриця в моделі та події, яка показує залежності. Це дозволяє порівняти дані з моделлю, щоб визначити, чи відповідають дані та модель послідовності дій. Крім того, цей метод можна використовувати для порівняння журналу з журналом і моделі з моделлю.

Другий підхід, Token, відтворює журнал подій на моделі. Зазвичай це використовується для обчислення критеріїв якості фітнесу. Фітнес вимірює "частку поведінки в журналі подій, яка можлива відповідно до моделі". Він відтворює трасу на моделі і фіксує всі ситуації, коли перехід примусово спрацьовує без увімкнення, тобто підраховуються всі пропущені токени, а також токен, що залишився в кінці.

Третій підхід - це вирівнювання, і це найбільш просунутий підхід. Він обчислює оптимальну відповідність між кожною трасою в журналі та найбільш схожою поведінкою в моделі. Ідеальне вирівнювання - це таке

вирівнювання, при якому всі рухи траси в журналі подій можна прослідкувати за рухами моделі.

Покращення моделі також розглядає журнал подій і модель процесу як вхідні дані. Це означає, що можна покращити існуючу модель процесу, зазирнувши в минуле. Спільними аспектами вдосконалення моделі є час і вартість. Після виявлення моделі процесу з журналу подій, знайдену модель процесу можна використовувати для аналізу показників продуктивності, наприклад, середнього часу пропускнуої здатності і витрат на поліпшення або реінжинірингу процесу. Проблему вузьких місць можна виявити, проаналізувавши час очікування між діями. Після визначення причини вузьких місць, модель процесу можна вдосконалити в потрібних місцях. Підвищення ефективності використання ресурсів є одним з важливих аспектів. Соціальна мережа на робочому місці може бути побудована шляхом виявлення процесів. Вона може дати уявлення про робочу співпрацю і збалансувати робоче навантаження для підвищення продуктивності ресурсів. Не існує жодних обмежень щодо того, як можна вдосконалити модель процесу. Це залежить від того, які проблеми виявляє організація і як вона хоче вдосконалюватися.

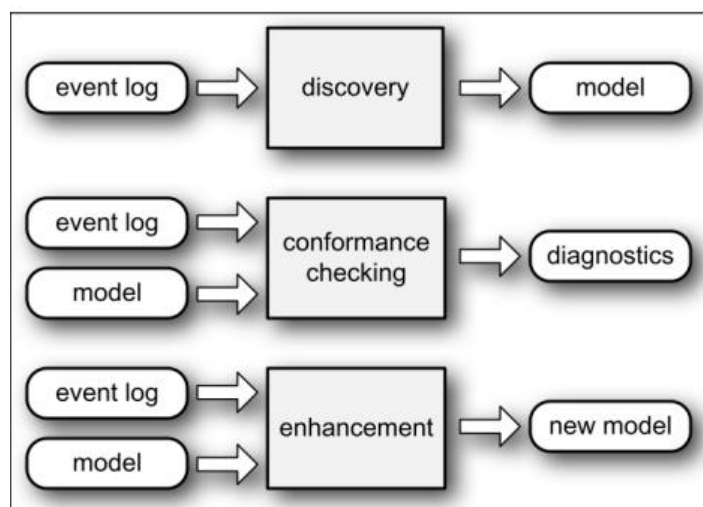


Рисунок 1.12 - Три основні типи process mining з точки зору вхідних та вихідних даних.

Насамкінець, process mining є дуже корисною технікою в аналізі процесів. Його можна використовувати в різних сферах, наприклад, для виявлення моделі процесу, аудиту та вдосконалення процесів. Вхідні та вихідні дані для кожного типу інтелектуального аналізу процесів показані на рисунку 1.12. Три типи аналізу процесів потребують журналу подій як вхідних даних. Для виявлення процесу достатньо надати лише журнал подій, тоді як для перевірки відповідності та вдосконалення моделі процесу потрібен як журнал подій, так і його модель. Вихідні дані кожного типу повинні відповідати різним цілям. Модель вихідних даних, побудована на основі виявлення процесу, має на меті виявити, що насправді було зроблено. Діагностика, проаналізована за допомогою перевірки відповідності, показує, що було зроблено неправильно. Аналіз того, що було зроблено в минулому, може бути використаний для вдосконалення моделі, щоб створити нову покращену модель процесу.

Інтелектуальний аналіз даних можна вважати міждисциплінарним напрямком, адже він охоплює такі галузі комп'ютерних наук як генетичні алгоритми, теорію нейронних мереж та еволюційне програмування. Методами інтелектуального аналізу даних також є і різні методи статистики:

- кореляційний аналіз;
- регресійний аналіз;
- дисперсійний аналіз;
- факторний аналіз;
- і т.д.

Важливу роль відіграють також методи машинного навчання та візуалізації результатів. Так як після застосування інтелектуального аналізу даних можуть з'являтися не тільки корисні результати, а й хибні, то в такому випадку можна користуватися методами машинного навчання. За визначенням, машинне навчання - це наука, що вивчає комп'ютерні алгоритми, які автоматично покращуються під час роботи.

В процесі інтелектуального аналізу даних проводиться дослідження безлічі об'єктів. У більшості випадків його можна представити у вигляді таблиці, кожен рядок якої відповідає одному з варіантів, а в стовпці розміщені значення параметрів, що його характеризують. Залежна змінна - параметр, значення якого розглядається як залежне від інших параметрів. Власне, цю залежність і необхідно визначити, використовуючи методи інтелектуального аналізу даних.

Більшість інструментів інтелектуального аналізу даних, що пропонує зараз ринок програмного забезпечення, реалізують відразу кілька методів, наприклад, дерева рішень, індукцію правил та візуалізацію, або ж нейронні мережі, карти Кохонена, що само організуються, та візуалізацію.

В універсальних прикладних статистичних пакетах (наприклад, SPSS, SAS, STATGRAPHICS, Statistica, ін.) реалізується широкий спектр найрізноманітніших методів (як статистичних, так і кібернетичних). Слід враховувати, що для можливості їх використання, а також для інтерпретації результатів роботи статистичних методів (кореляційного, регресійного, факторного, дисперсійного аналізу і ін.) потрібні спеціальні знання в галузі статистики.

Універсальність того чи іншого інструменту часто накладає певні обмеження на його можливості. Перевагою використання таких універсальних пакетів є можливість відносно легко порівнювати результати побудованих моделей, отриманих різними методами. Така можливість реалізована, наприклад, в пакеті Statistica, де порівняння засноване на так званій "конкурентній оцінці моделей". Ця оцінка полягає в застосуванні різних моделей до одного і того ж набору даних і наступному порівнянні їх характеристик для вибору найкращої з них .

Проаналізовано відповідні роботи в галузі інтелектуального аналізу процесів та адаптивного управління кейсами в неструктурованих процесах, зокрема, в трьох наведених нижче сценаріях. Також будуть представлені важливі терміни кожного сценарію. Наприкінці цього розділу буде обрано

один сценарій, заснований на аналізі суміжних робіт, для реалізації прототипу рішення.

Таблиця 1.2 – Методи Process mining

Назви	Перший підхід (Порівняння слідів)	Другий підхід (Token)	Третій підхід (вирівнювання)
Як працює	Слід - це матриця в моделі та події, яка показує залежності. Це дозволяє порівняти дані з моделлю, щоб визначити, чи відповідають дані та модель послідовності дій	Він відтворює трасу на моделі і фіксує всі ситуації, коли перехід примусово спрацьовує без увімкнення, тобто підраховуються всі пропущені токени, а також токен, що залишився в кінці.	Він обчислює оптимальну відповідність між кожною трасою в журналі та найбільш схожою поведінкою в моделі. Ідеальне вирівнювання - це таке вирівнювання, при якому всі рухи траси в журналі подій можна прослідкувати за рухами моделі.

1.4 Постановка задачі дослідження

Adaptive Case Management (ACM) підтримує координацію роботи над знаннями. Природа роботи зі знаннями не є рутинною і непередбачуваною. Тому вона вимагає від працівників знань приймати рішення в залежності від поточного контексту. Однак без керівництва працівники сфери знань стикаються з труднощами при прийнятті рішень у таких адаптивних середовищах. Вони можуть не вибрати найкращу дію, що призведе до затримок і недосягнення цілей. Тому важлива система підтримки.

Нова пропозиція щодо process mining у [13] базується на часткових слідах для перевірки останнього виконаного кроку і використовується для прогнозування майбутнього кейсу та надання рекомендацій щодо наступних можливих кроків. Прогнозування та рекомендації базуються на залишковому часі. Час, що залишився, виявлений з минулих кейсів, використовується для прогнозування часу, що залишився до завершення поточних кейсів. Також він використовується для генерації наступних рекомендованих кроків, які призводять до скорочення тривалості виконання. Однак цей підхід реалізовано лише в часовому аспекті, інші характеристики, т а к і як вартість, якість, відповідність, будуть розроблені в майбутньому. У [14] представлено підхід до обробки наукомістких бізнес-процесів з низькою вартістю та точністю. Підхід складається зі скелету процесу та вивчення бізнес-правил. Скелет процесу - це ядро завдань, які завжди повинні бути виконані. Його можна швидко і просто змодельовати за низькою вартістю. Змодельований скелет розгортається як робочий процес, але під час виконання працівники, що володіють знаннями, мають право додавати ресурси та підзадачі до своїх рішень. Виконані завдання фіксуються в журналі подій, який використовується в процесі навчання бізнес-правил. Він підтримує працівників знань, рекомендуючи підзадачі та ресурси для майбутнього виконання на основі контексту та історичної поведінки користувачів. Експеримент з вивчення бізнес-правил був проведений у випадку контрольованого підходу за допомогою класифікації, а у випадку неконтрольованого підходу - за допомогою апріорного алгоритму. Експеримент проводився на реальному бізнес-процесі і показав, що обидва методи навчання дають змістовні правила навіть на невеликій навчальній вибірці. Модель ковзних вікон або потокового інтелектуального аналізу даних була реалізована в [15]. Історичні журнали подій (у форматі XES) перетворюються за допомогою моделі ковзного вікна на дерево предиктивної кластеризації. Потім під час запуску кейсів дерево використовується для прогнозування наступної події шляхом передбачення властивостей майбутніх

подій. Їхній експеримент на різних контекстах журналу подій показує, що чим більше розширюється розмір ковзного вікна, тим більше зростає точність прогнозування, але, в свою чергу, це призводить до більшої складності моделі та довшого часу навчання. Прогностична здатність цього підходу забезпечує високу точність прогнозування. Ця здатність може бути використана для перевірки відповідності та рекомендаційних дій пізніше. Загальну концепцію представлено в [16], яка базується на інтелектуальному аналізі процесів та кількісних і якісних даних. Було застосовано Fuzzy Miner, який вже надав кількісні дані. Щоб включити якісні показники, вони оснастили алгоритм додатковою інформацією, наприклад, мінімальною, максимальною, вартістю, середньою тривалістю. Функція пріоритизації обчислює пріоритет на кожному ребро на основі кількісної та якісної інформації. Відсортований список з урахуванням розрахованого пріоритету представляє всі можливі наступні дії, які рекомендуються працівнику зі знань. Фахівець зі знань може вибрати одну альтернативу зі списку або вирішити зробити щось зовсім інше.

Прецедентне управління - це метод управління процесами, який призначений для управління неструктурованими, мінливими та непередбачуваними процесами. Він дає змогу організаціям ефективно управляти кейсами та проектами, що мають складну структуру і потребують гнучкості та адаптивності. Одним із головних недоліків прецедентного управління є складність аналізу процесів та оцінки ефективності. Оскільки процеси є неструктурованими, мінливими та непередбачуваними, складно порівнювати їх між собою та оцінювати ефективність методів управління. Також складно побачити взаємозв'язок між діями та результатами, що може ускладнити ухвалення рішень.

Ще однією проблемою прецедентного управління є необхідність високої кваліфікації та досвіду керуючих персоналу. Прецедентне управління вимагає, щоб керівний персонал був готовий до швидкого аналізу ситуації, що змінюється, швидкого ухвалення рішень і гнучкості в плануванні дій. Це

вимагає від персоналу високої кваліфікації та досвіду, що може бути складно для нових співробітників.

Нарешті, прецедентне управління може вимагати високих витрат на реалізацію і впровадження, оскільки він вимагає використання спеціалізованих інструментів і технологій, а також навчання персоналу. Крім того, прецедентне управління може вимагати значних змін у поточних бізнес-процесах і структурах організації.

Для більш детального пояснення, слід зазначити, що одним з основних принципів АСМ є гнучкість, яка дає змогу адаптуватися до мінливої ситуації та швидко ухвалювати рішення відповідно до нових вимог. Однак, через цю гнучкість, процеси стають неструктурованими та мінливими, що ускладнює їхній аналіз та оцінку.

Крім того, в АСМ немає явної структури та організації, що робить складним порівняння процесів між собою та оцінку їхньої ефективності. На відміну від більш традиційних методів управління процесами, які мають чітку структуру і послідовність дій, АСМ надає свободу у виборі дій та їхньої послідовності. Це може призвести до того, що один і той самий процес може бути виконаний різними способами, що ускладнює порівняння ефективності цих процесів.

Водночас в АСМ складно побачити взаємозв'язок між діями і результатами, що може ускладнити ухвалення рішень. У більш традиційних методах управління процесами результати кожної дії пов'язані з подальшими діями, що дає змогу легше аналізувати процес і ухвалювати рішення на основі отриманої інформації. В АСМ же процеси не мають чіткої структури і послідовності дій, що ускладнює аналіз взаємозв'язку між діями і результатами.

Таким чином, АСМ є ефективним методом управління процесами в складних і мінливих середовищах, однак він також має свої недоліки, пов'язані зі складністю аналізу процесів, оцінкою їхньої ефективності та прийняттям рішень на основі отриманої інформації.

Завданням дослідження є вивчення потенціалу використання методів process mining в ІТ-проєктах прецедентного управління. Конкретні завдання дослідження включають аналіз методів кейс-менеджменту, удосконалення методу інтелектуального аналізу процесів, визначення області застосування вдосконаленого методу, експериментальну перевірку вдосконаленого методу, аналіз впливу застосування методу на ефективність управління ІТ-проєктами, оцінювання ступеня задоволеності користувачами методом, виявлення проблем і розроблення рекомендацій з оптимізації використання методу в ІТ-проєктах кейс-менеджменту, а також аналіз можливості впровадження методу в індустрії управління прецедентним управлінням, аналіз можливості використання методу в інших сферах.

Проблемою прецедентного управління є в тому, що для його ефективної роботи необхідна наявність достатньої кількості прецедентів. Якщо ж прецедентів недостатньо або вони відсутні зовсім, то може виникнути проблема в ухваленні рішень і управлінні процесами на основі аналізу попередніх досвідів. Це може призвести до необхідності розроблення альтернативних стратегій управління, які можуть бути менш ефективними та неоптимальними.

Об'єктом дослідження є процес функціонування ІТ проєктів прецедентного управління. У межах об'єкта дослідження вивчатимемо загальні тенденції в галузі прецедентного управління в ІТ-проєктах. Це може включати в себе аналіз прецедентів, виявлення проблем, які найчастіше трапляються, і способів їхнього розв'язання, а також визначення найкращих практик і методів управління проєктами. Важливим аспектом дослідження є також аналіз взаємозв'язків і залежностей між різними етапами процесу функціонування ІТ-проєктів прецедентного управління, що дасть змогу більш ефективно управляти ризиками та знижувати ймовірність виникнення проблем у процесі реалізації проєктів. У результаті дослідження процесу функціонування ІТ проєктів прецедентного управління можна виявити фактори, що впливають на успіх проєктів, і розробити рекомендації для

оптимізації процесів управління. Це може допомогти підвищити ефективність роботи проєктних команд і поліпшити якість реалізації ІТ-проєктів.

Предметом дослідження є методи process mining в ІТ-проєктах прецедентного управління з метою оптимізації процесів управління. У межах дослідження можна проводити аналіз процесів управління проєктами, визначати найефективніші методи та інструменти управління, виявляти чинники, що впливають на успіх проєктів.

Метою дослідження є вивчення потенціалу спільного застосування методів process mining і проєкти в ІТ прецедентного управління, а також виявлення можливостей для підвищення ефективності управління та оптимізації процесів у цих проєктах. У межах дослідження буде розглянуто основні принципи та методи обох дисциплін, а також проведено аналіз наявних практик і досвіду їх застосування в реальних проєктах. У результаті дослідження заплановано розробити рекомендації щодо оптимального поєднання цих методів у рамках проєктів прецедентного управління для досягнення максимальної ефективності управління та оптимізації процесів.

2 РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДУ PROCESS MINING У ІТ-ПРОЄКТАХ ПРЕЦЕДЕНТНОГО УПРАВЛІННЯ

2.1 Методи інтелектуального аналізу процесів для побудови моделей БП

Традиційна мова документообігу спрямована на побудову чітко визначеного процесу та його високу автоматизацію. Однак у наукомістких середовищах процеси важко передбачити заздалегідь, тому необхідна адаптивність під час виконання. Як наслідок, процеси стають менш структурованими. Структурований процес - це чітко визначений процес, менш складний і з високою частотою повторення. З іншого боку, неструктурований процес не визначений або частково визначений заздалегідь, адаптується, керується змістом і передбачає залучення працівників, які володіють знаннями.

Аналізуючи процес формування вихідних даних залежно від вхідних даних, можна визначити клас задач (структурованих, частково структурованих і неструктурованих) і вибрати відповідні математичні засоби та методи для моделювання (наприклад, моделі прямого рахунку, оптимізаційні або методи штучного інтелекту).

Виконання слабко структурованих процесів породжує неструктуровану поведінку. Після видобутку неструктурованого логу можна виявити процес, схожий на спагеті. "Спагеті-процеси" - це метафора неструктурованих процесів. Не можна вважати, що спагеті-подібний процес є неправильним або що він має проблему, спричинену алгоритмами виявлення процесів. Це скоріше означає, що модель процесу точно відображає реальність. Однак, спагеті-процеси все ще мають проблеми, які важко піддаються аналізу і важко зрозуміти через складність неструктурованих моделей процесів. Тому спрощення неструктурованого процесу до більш структурованого є дуже цікавим викликом.

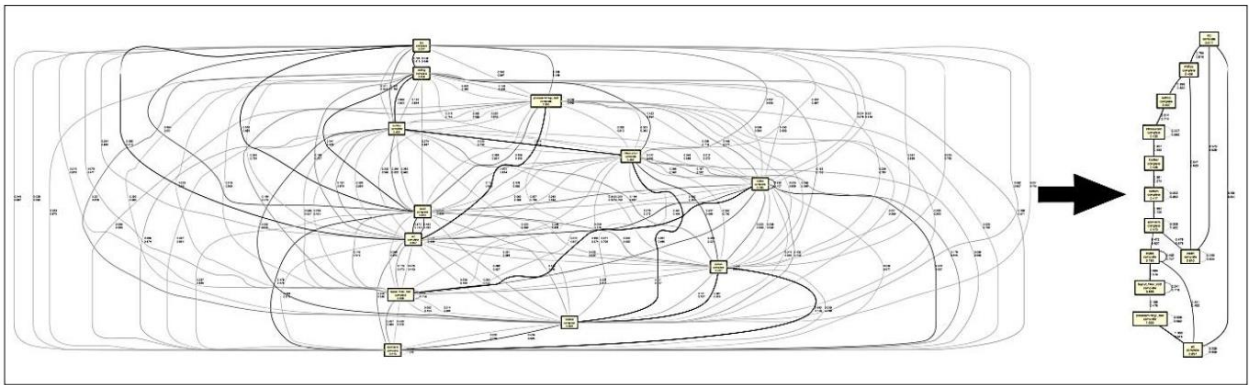


Рисунок 2.1 - Спагеті або неструктурований процес перетворюється на спрощену модель процесу

Рисунок 2.1 ілюструє трансформацію моделі процесу спагеті, щоб стати більш зрозумілою і простішою моделлю процесу. Ідея спрощення моделей процесів - це абстракція, яка зберігає високочастотні поведінки і відфільтровує низькочастотні.

У [17] підхід складається з виявлення контексту, виявлення дій та інтелектуального аналізу процесів для побудови моделі діяльності працівника зі знань на основі необроблених журналів подій. Виявлення контексту та дій здійснюється за допомогою алгоритму кластеризації k-середніх. Потім імовірнісні детерміновані скінченні автомати були використані для моделювання переходів між діями, оскільки вони більше підходять для низькорівневих подій у даних. Однак, в отриманій моделі можуть виникати шуми.

Сьогодні не існує єдиного підходу до побудови прецедентів для різних предметних галузей, що ґрунтується на формалізації процесу розв'язання задачі у вигляді послідовності взаємопов'язаних дій і подій. Це створює проблему розроблення моделі прецедента, яка охоплювала б кілька можливих процесів розв'язання задачі, пов'язаних з отриманням локальних результатів. Необхідно розробити метод, який забезпечить побудову зазначеної моделі та дасть змогу адаптувати прецедент для нового завдання через вибір одного з можливих процесів розв'язання або поєднання кількох процесів. Технологія

Process Mining[18-19] може бути використана для побудови розв'язання задачі у складі прецеденту. Прецеденти мають особливе значення, пов'язане з контекстом і можуть набувати різної форми. Вони фіксують тільки той досвід, який може бути корисним для навчання і досягнення мети щодо вирішення завдання, проблеми або запобігання її появи. Різні особливості предметної області, як-от тип проєкту, функціональні завдання та складність їх реалізації, можуть впливати на застосування прецедентів.

Таким чином, для побудови моделі прецеденту необхідно врахувати такі аспекти:

- контекст, який відображає суттєві характеристики предметної області та обмежує можливі варіанти розв'язання задачі;
- послідовність дій у часі, необхідну для виконання завдання;
- включення всього досвіду розв'язання задачі, тобто всі можливі процеси, що можуть призвести до розв'язання;
- зв'язок отриманих результатів із процесом розв'язання.

Виконання завдання здійснюється відповідно до цілей і вимог кінцевих користувачів до підсумкових результатів. Ці результати подано у вигляді узгодженого і затвердженого вихідного документа або керуючого впливу.

Вибір прецедентів-аналогів починається з аналізу поточного прецеденту та визначення відповідних аналогів, які можна використовувати для розв'язання завдань у тій самій предметній області. Визначення ступеня близькості між прецедентами залежить від предметної області та вихідних результатів. Збільшення кількості прецедентів-аналогів збільшує ймовірність знаходження найбільш підходящого аналога для поточного прецедента, але може ускладнити процедуру вибору. Для вибору найбільш підходящого прецеденту використовують різні метрики, як-от евклідова метрика, міра подібності Хеммінга, ймовірнісна міра подібності тощо.

Після вибору відповідного прецеденту-аналога може знадобитися його адаптація для вирішення поточного завдання. Адаптація може включати зміну компонентів моделі прецеденту, математичної моделі задачі, форми і змісту

вихідних даних, програмно-апаратних засобів або застосовуваних інструментальних засобів та інтерфейсів.

Для оцінювання відповідності адаптованого прецеденту використовують різні варіанти моделі прогнозу, вибір яких здійснює ОПР. Збереження скоригованого прецеденту важливе, навіть якщо його рішення не повністю задовольняє кінцевого користувача, щоб уникнути отримання некоректних результатів під час порівняння альтернативних рішень.

Збереження всіх прецедентів може призвести до збільшення їхньої кількості та ускладнення процесу вибору прецедентів, але це пов'язано із застосуванням прецедентів для відповідної предметної області, а вибір варіантів рішень залишається за експертами. Реалізація процесів вибору та застосування прецедентів потребує створення підсистеми формування, вибору та застосування прецедентів в інформаційній системі управління підприємством.

2.2 Вдосконалення методу прецедентного управління з використанням process mining

В результаті дослідження наявних методів process mining в ІТ проектах прецедентного управління, які були виконані у рамках поставленої наукової задачі, нами були отримані алгоритми, данні а також опис існуючих методів. На основі отриманих даних був розроблений вдосконалений метод оптимізації процесів який буде ретельно досліджений та описаний у цьому розділі наукової атестаційної роботи.

У магістерській роботі запропоновано підхід до виконання перевірки відповідності в неструктурованих процесах за допомогою інтелектуального аналізу процесів. Підхід поєднує в собі два кроки, що складаються з використання інтелектуального аналізу процесів для перетворення

неструктурованого процесу в структурований, та виконання перевірки відповідності на моделі вихідного процесу, отриманої на попередньому кроці.

Process mining в основному призначений для виявлення повторюваних бізнес-процесів. Однак підвищення ефективності рутинних робіт призводить до покращення загальних процесів, які стають АСМ-системою. Цікаво, що інтелектуальний аналіз процесів може бути використаний для покращення АСМ шляхом виявлення прихованих рутинних процесів у системі АСМ, допомоги працівникам, що працюють зі знаннями, у прийнятті рішень та покращення процедур управління кейсами

Прецедентне управління має на меті підтримати працівників сфери знань у виконанні їхньої роботи в непередбачуваних ситуаціях. Тому розробка моделі процесу для АСМ може бути недоцільною через розмаїття ситуацій. Модель процесу ніколи не буде змінюватися, а журнал подій, створений в результаті виконання цієї моделі процесу, буде дуже складним. З цієї причини вважалося, що інтелектуальний аналіз процесів не може бути корисним для АСМ, оскільки АСМ є неструктурованим процесом, тоді як інтелектуальний аналіз процесів добре працює для структурованих процесів [20]. Це означає, що в неструктурованих процесах все ще існують структуровані процеси, які ховаються в неструктурованих процесах, і АСМ все ще може отримати вигоду від інтелектуального аналізу процесів.

Деякі можливості використання методів process mining в ІТ проектах прецедентного управління :

- process mining може допомогти покращити рутинні процеси, що існують в проектах прецедентного управління, оскільки працівники, що займаються знаннями, все ще використовують деякі рутинні процеси для виконання своїх завдань;

- приховані структуровані процеси в проектах прецедентного управління можна отримати за допомогою process mining. Крім того, виявлені патерни можна перетворити на найкращі практики або шаблони і поділитися ними з іншими працівниками, що займаються знаннями;

– process mining може допомогти у прийнятті рішень працівниками сфери знань, фіксуючи їхню поведінку та пропонуючи рекомендації на основі дій, виконаних у минулих подібних випадках;

– process mining можна використовувати для створення взаємозв'язків між такими ресурсами, як соціальні мережі та комунікаційні потоки між працівниками сфери знань.

Підсумовуючи, можна сказати, що process mining є основною технікою для розуміння і вдосконалення не тільки структурованих процесів, але й проєктах прецедентного управління може отримати вигоду від інтелектуального аналізу процесів, навіть якщо проєкт прецедентного управління є непередбачуваними і неструктурованими процесами, що вирішує недоліки існуючих систем .

Огляд архітектури, описує підхід до перевірки відповідності неструктурованого процесу за допомогою інтелектуального аналізу процесів. Спочатку видобуток процесів знаходить структуровану модель процесу з неструктурованого журналу подій. Результат моделі процесу імпортується в графічний редактор. Правила визначаються графічно. Потім визначені правила перекладаються на мову правил. Після цього визначені правила звіряються з оригінальним журналом подій. Всі порушення фіксуються і візуально відображаються на моделі процесу. Деталі архітектури:

– process mining. Журнал подій, записаний в адаптивній системі управління справами, який також розглядається як неструктурований процес, передається до методу інтелектуального аналізу процесів. Процесний аналіз виконує техніку виявлення процесу в журналі подій для побудови структурованої моделі процесу;

– визначення правил (графічне визначення правил на моделі процесу). Вихідні дані структурованої моделі процесу з етапу інтелектуального аналізу імпортуються в редактор процесів. Правила визначаються графічно шляхом призначення правильних і неправильних шаблонів правил на імпортованій моделі процесу;

– створення правил (мова правил). Шаблони правил відповідності, призначені графічно на попередньому кроці, перетворюються на мову правил, яка буде використовуватися в процесі перевірки відповідності;

– перевірка правил за журналом (Перевірка визначених правил за оригінальним журналом). Визначені шаблони правил відповідності у форматі мови правил перевіряються на основі всього оригінального журналу подій. Всі порушення підраховуються і реєструються екземпляри процесів, які порушують визначені правила;

– візуалізація результатів. Порушення правил, зафіксовані на етапі перевірки правил, візуалізуються у вигляді виділення на моделі процесу. А також в інформаційній таблиці, в якій перераховані правила, порушені екземпляри процесів і загальна кількість порушених екземплярів процесів.

Наведений метод управління прецедентами, який враховує часові обмеження виконання, складається з таких фаз та етапів:

Фаза 1. Побудова і перевірка прецеденту Vp засобами Process mining.

Етап 1. Відбір вхідних даних.

Етап 2. Побудова прецеденту бізнес-процесу Vp засобами Process mining.

Етап 3. Перевірка прецедентів.

Крок 3.1. Визначення правил на моделі бізнес-процесу.

Крок 3.2. Перевірка порушення правил.

Етап 4. Уточнення моделі прецеденту.

Фаза 2. Управління з використання прецеденту бізнес процесу.

Етап 1. Визначення затримок доступу до ресурсів та сумарного часу очікування ресурсів.

Етап 2. Початковий розрахунок запізнення Δ_i для поточної послідовностей дій бізнес процесу Vp :

$$\Delta_i = \begin{cases} |\vartheta_i - \vartheta_i^{max}| & \text{if } \Delta_i > \varepsilon \\ 0 & \text{if } \Delta_i < \varepsilon \end{cases}, \quad (2.1)$$

де ϑ_i^{wt} – сумарний час очікування ресурсів для бізнес-процесу Vp_i ;

ϑ_i – загальний час виконання бізнес-процесу Bp_i відповідно до заздалегідь обумовлених дат, згідно з умовами договору;

ϑ_i^{max} – існуючі часові обмеження на час виконання бізнес-процесу Bp_i .

Етап 3. Вибір бізнес-процесу, що має послідовність дій з максимальним запізненням Δ_i

Етап 4. Зміна пріоритету доступу до ресурсу r_i для бізнес-процесу Bp_i за критерієм:

$$\begin{aligned} \min_j |\vartheta - \vartheta_i^{max} - \vartheta_{ij}^{wt}| \text{ if } \vartheta_i > \vartheta_i^{max} , \\ \min_j |\vartheta - \vartheta_i^{max} + \vartheta_{ij}^{wt}| \text{ if } \vartheta_i < \vartheta_i^{max} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Етап 5. Перевірка множини ресурсів, які використовуються поточним процесом. Якщо всі ресурси перевірено, то встановлюється, що поточний процес не відповідає обмеженням.

Етап 6. Встановлення максимального пріоритету Pr_j^i використання ресурсу r_j процесом Bp_i відповідно до виразу:

$$Pr_j^i = \begin{cases} 1, & \text{if } \forall Bp_k \Delta_i > \Delta_k \\ \min(Pr_j^k) - 1 & \text{if } \exists Bp_k: \Delta_i < \Delta_k \end{cases} , \quad (2.3)$$

Етап 7. Зміна пріоритетів для інших процесів, за умови що ці процеси мають менший пріоритет $Pr_j^i \geq Pr_j^k$.

Етап 8. Поточний розрахунок $\Delta_i < \varepsilon$ для всіх процесів, що виконуються. Повтор етапів 1-5 для процесів зменшення пріоритетів.

Етап 9. Перевірка множини процесів з $\Delta_i > 0$. Якщо не кожний процес перевірено, то перейти до етапу 2.

В результаті застосування методу встановлюються пріоритети, що визначають послідовність використання ресурсу бізнес-процесами.

3 ПОБУДОВА ПЛАНУ ПРОЄКТУ МОДУЛЮ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ПРЕЦЕДЕНТНОГО УПРАВЛІННЯ

З метою продемонструвати процес розробки та оптимізації методу було створено стандартний проєкт по розробці програмного забезпечення ІТ компанією з діаграмою Ганта та всіма потрібними вхідними даними[21]. Стандартна ІТ-компанія - це організація, яка займається розробкою, виробництвом, продажем і підтримкою програмного забезпечення, апаратних засобів і послуг, пов'язаних з інформаційними технологіями. Зазвичай така компанія складається з низки відділів і підрозділів, що включають розробку, тестування, продажі, маркетинг, підтримку клієнтів, адміністрування, управління проєктами та інші. Кожен відділ виконує свої функції та має свої завдання. Усередині компанії часто використовуються сучасні технології та інструменти, як-от хмарні обчислення, штучний інтелект, машинне навчання, блокчейн та інші, залежно від напрямку діяльності компанії. Стандартна ІТ компанія може працювати як на ринку споживчих продуктів, так і на ринку корпоративних рішень. Вона може спеціалізуватися на різних галузях, як-от розробка веб-додатків, мобільних додатків, ігор, програмного забезпечення для бізнесу, систем безпеки, хмарних технологій тощо. Часто ІТ компанії орієнтуються на інновації та постійно працюють над поліпшенням своїх продуктів і послуг, а також розробкою нових. Вони можуть мати відділи досліджень і розробок, які займаються вивченням і тестуванням нових технологій. Загалом, стандартна ІТ компанія - це динамічна організація, яка орієнтована на високі технологічні стандарти, розвиток та інновації. Даний проєкт це стандартний проєкт ІТ компанії. Стандартний проєкт - це проєкт, пов'язаний із розробленням програмного забезпечення, апаратних засобів або послуг, пов'язаних з інформаційними технологіями. Процес розроблення ІТ-проєкту зазвичай починається з визначення цілей і вимог до проєкту, включно з функціональними, технічними, бізнес- і користувацькими вимогами[22].

Потім визначається загальна концепція проєкту, включно з архітектурою системи, використовуваними технологіями та інструментами. Після цього починається фаза розробки, що включає створення прототипів, дизайн і розробку, тестування та інтеграцію компонентів системи. У процесі розробки проєкту встановлюються методології та процеси управління, які дають змогу ефективно координувати роботу команди розробників і досягати поставлених цілей і термінів.

Після завершення фази розроблення проєкту проводиться тестування і налагодження системи, включно з виправленням помилок та усуненням неполадок. Потім відбувається запуск і впровадження системи, включно з навчанням користувачів, підтримкою та обслуговуванням системи. Стандартний ІТ проєкт також містить роботу з управління ризиками, контролю якості та управління змінами, щоб гарантувати, що проєкт буде виконано відповідно до вимог і цілей. Крім того, важливою частиною стандартного ІТ проєкту є комунікація і взаємодія між учасниками проєкту, включно з командою розробників, замовником і стейкхолдерами. Вони зазвичай використовують різні засоби комунікації та інструменти для ефективного обміну інформацією та координації робіт. Загалом, стандартний ІТ проєкт - це складний процес, який потребує чіткого планування, організації та управління, який може тривати від кількох місяців до кількох років залежно від масштабів проєкту та його складності.

Для тестування був створений стандартний проєкт ІТ компанії приблизною тривалістю в пів року з діаграмою Ганта та всіма ресурсами як часовими так і фінансовими що і продемонстровано на рисунках 3.1-3.5.

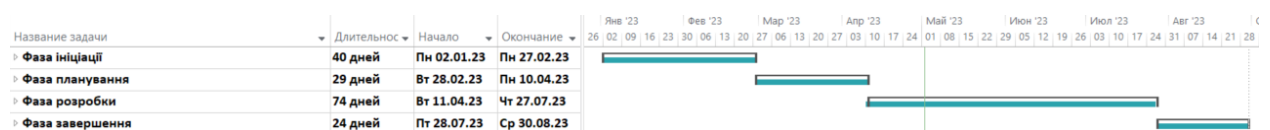


Рисунок 3.1 - Діаграма Ганта

▲ Фаза ініціації	40 днів	Пн 02.01.23	Пн 27.02.23		
Дослідження предметної області	23 днів	Пн 02.01.23	Чт 02.02.23		Проджект-менеджер;Бізнес-аналітик;Антивірус
Дослідження об'єкта і аргументування на необхідність створення платформи	10 днів	Пт 03.02.23	Чт 16.02.23	2	Бізнес-аналітик; Антивірусні програми [2 копії];Комп'ютери[2
Формування вимог користувача (техзавдання)	7 днів	Пт 17.02.23	Пн 27.02.23	3	Антивірусні програми [1 копії]; Бізнес-аналітик;Комп'ютери[2 шт];Операційні
▲ Фаза планування	29 днів	Вт 28.02.23	Пн 10.04.23		
Укладення договору	4 днів	Вт 28.02.23	Пт 03.03.23	4	Антивірусні програми [1 копії];Бізнес-аналітик
Розробка ескізу концепції платформи	9 днів	Пн 06.03.23	Пт 17.03.23	6	Антивірусні програми [1 копії];Бізнес-аналітик
Обговорення вузьких місць ескізу концепції	8 днів	Пн 20.03.23	Ср 29.03.23	7	Антивірусні програми [0 копії];Бізнес-аналітик
Документація про завершення	8 днів	Чт 30.03.23	Пн 10.04.23	8	Антивірусні програми [1 копії];Бізнес-аналітик
▲ Фаза розробки	74 днів	Вт 11.04.23	Чт 27.07.23		
Створення структури інтерфейсу	3 днів	Пн 10.04.23	Ср 12.04.23	9	Figma[0 копії];Антивірусні програми [0 копії];
Прототипування інтерфейсу	10 днів	Чт 13.04.23	Чт 27.04.23	11	Антивірусні програми [1 копії];Дизайнер;Комп'ютери
Створення стилістики	6 днів	Пт 28.04.23	Пн 08.05.23	12	Figma[1 копії];Антивірусні програми [0 копії];
Створення графічних матеріалів	9 днів	Ср 10.05.23	Пн 22.05.23	13	Figma[1 копії];Антивірусні програми [1 копії];
Підготовка матеріалів для розробника	5 днів	Вт 23.05.23	Пн 29.05.23	14	Figma[0 копії];Антивірусні програми [0 копії];
Розробка схеми БД	6 днів	Вт 30.05.23	Вт 06.06.23	15	Програми IntelliJ IDEA[1 копії];Антивірусні програми
Заповнення таблиць	5 днів	Чт 08.06.23	Ср 14.06.23	16	Програми IntelliJ IDEA[1 копії];Антивірусні програми
Розробка платформи	30 днів	Чт 15.06.23	Ср 26.07.23	17	Програми IntelliJ IDEA[1 копії];Комп'ютери[1 шт];
▲ Фаза завершення	24 днів	Пт 28.07.23	Ср 30.08.23		
Тестування платформи	8 днів	Пт 28.07.23	Вт 08.08.23	18	Програми IntelliJ IDEA[1 копії];Комп'ютери[1 шт];
Формування звіту про тестування платформи	3 днів	Ср 09.08.23	Пт 11.08.23	20	Програми IntelliJ IDEA[1 копії]; Антивірусні програми [1 копії];Комп'ютери[1 шт];
Запуск платформи	7 днів	Пн 14.08.23	Вт 22.08.23	21	Програми IntelliJ IDEA[1 копії];Антивірусні програми
Здача платформи	3 днів	Ср 23.08.23	Пт 25.08.23	22	Антивірусні програми [2 копії];Бізнес-аналітик
Укладення договору про закінчення розробки платформи	3 днів	Пн 28.08.23	Ср 30.08.23	23	Антивірусні програми [2 копії]; Бізнес-аналітик;Комп'ютери[2 шт];Операційні

Рисунок 3.2 - Діаграма Ганта розгорнуто, аркуш 1;

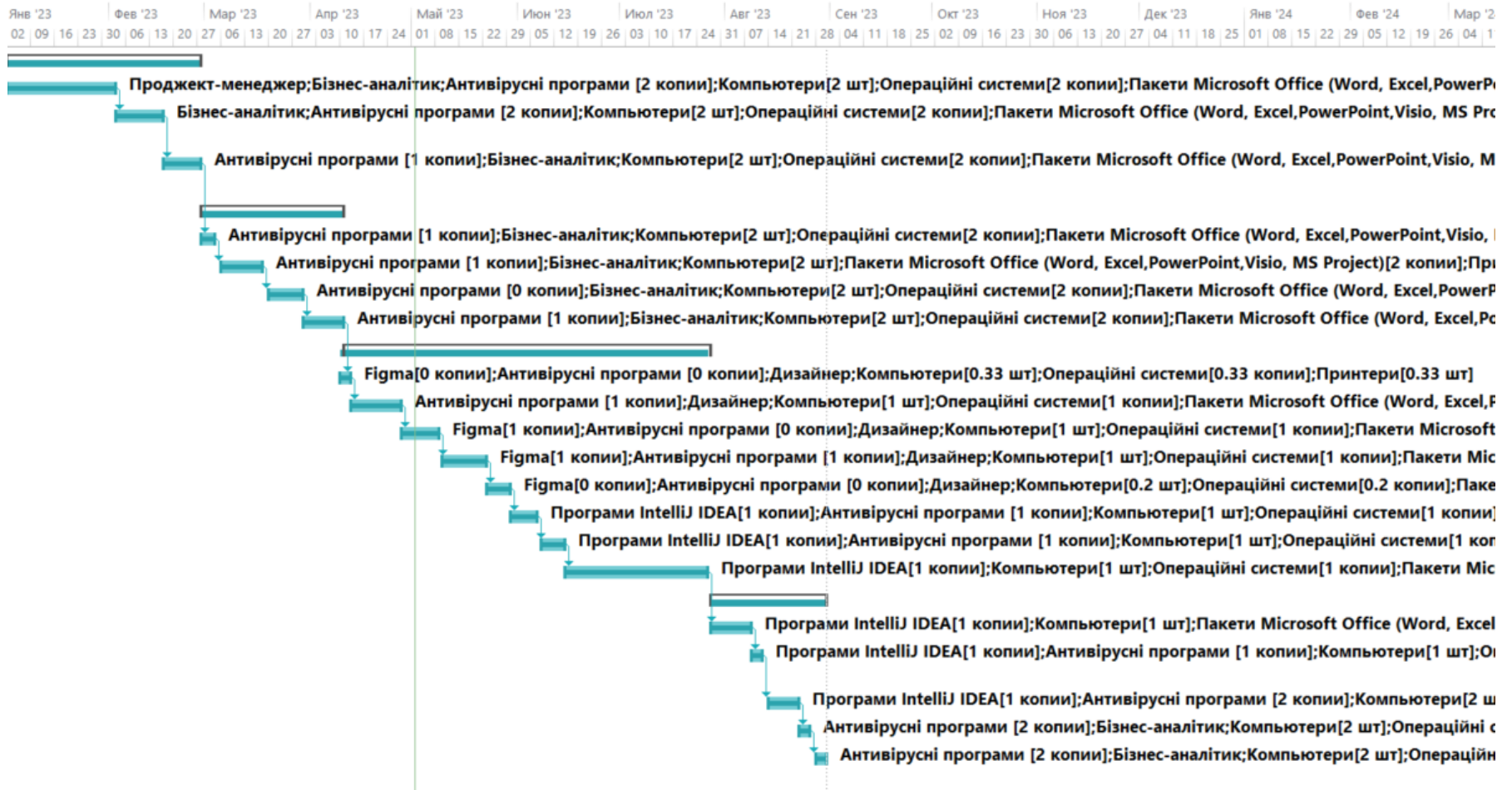
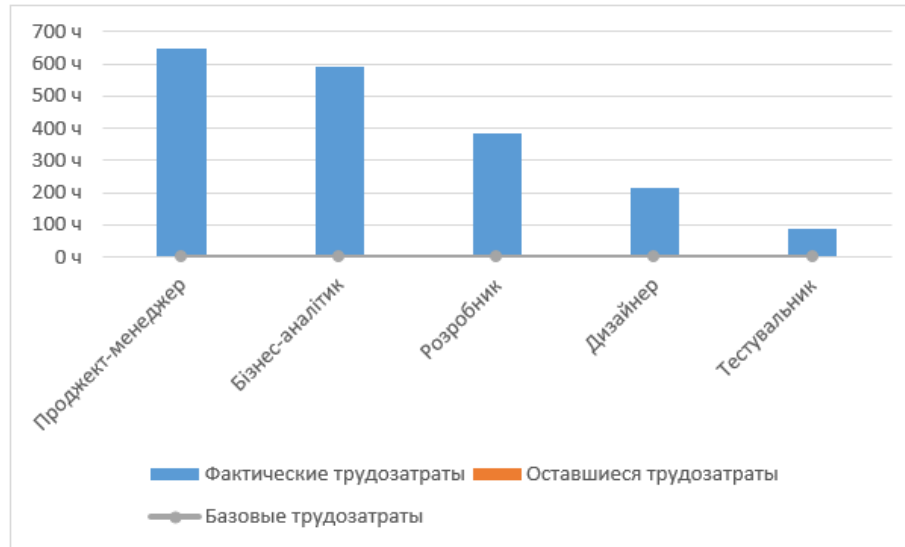


Рисунок 3.2 - Діаграма Ганта розгорнуто, аркуш 2

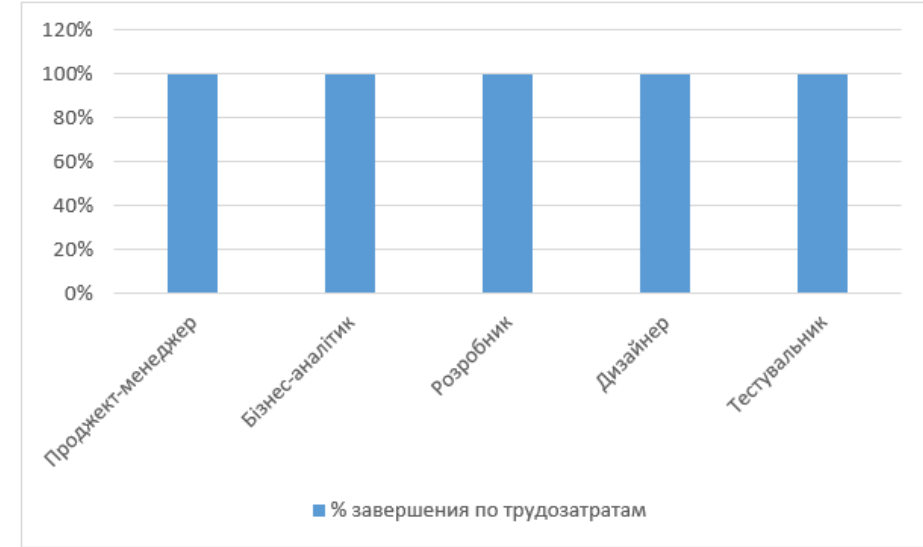
СТАТИСТИКА РЕСУРСОВ

Состояние трудозатрат для всех трудовых ресурсов.



СОСТОЯНИЕ ТРУДОЗАТРАТ

Процент трудозатрат всех трудовых ресурсов.



СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ

Оставшиеся трудозатраты для всех трудовых ресурсов.

Название	Начало	Окончание	Трудозатраты
Проджект-менеджер	Пн 02.01.23	Ср 30.08.23	648 ч
Бізнес-аналітик	Пн 02.01.23	Ср 30.08.23	592 ч
Розробник	Вт 30.05.23	Вт 22.08.23	384 ч
Дизайнер	Пн 10.04.23	Вт 23.05.23	216 ч
Тестувальник	Пт 28.07.23	Пт 11.08.23	88 ч

Рисунок 3.3 - Диаграмма Ганта (трудоемкость)

ОГЛЯД ВИТРАТ

ПН 02.01.23 - СР 30.08.23

ЗАТРАТЫ

\$42 749.17

ОСТАВИШЕСЯ ЗАТРАТЫ

\$0.00

% ЗАВЕРШЕНИЯ

100%

СОСТОЯНИЕ ЗАТРАТ

Состояние затрат для задач верхнего уровня.

Название	Фактически затраты	Оставшиеся затраты	Отклонени е по стоимости
Фаза ініціації	\$11 050.00	\$0.00	\$11 050.00
Фаза планування	\$11 470.00	\$0.00	\$11 470.00
Фаза розробки	\$10 176.67	\$0.00	\$10 176.67
Фаза завершення	\$10 052.50	\$0.00	\$10 052.50

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАТРАТЫ

Ход выполнения в сравнении с затратами во времени. Превышение значения в строке "Совокупные затраты" над значением в строке "Процент завершения" указывает на возможное превышение бюджета.



СОСТОЯНИЕ ЗАТРАТ

Состояние затрат для всех задач верхнего уровня. Равны ли ваши базовые затраты нулю?

[Попытка задания в качестве базового плана](#)

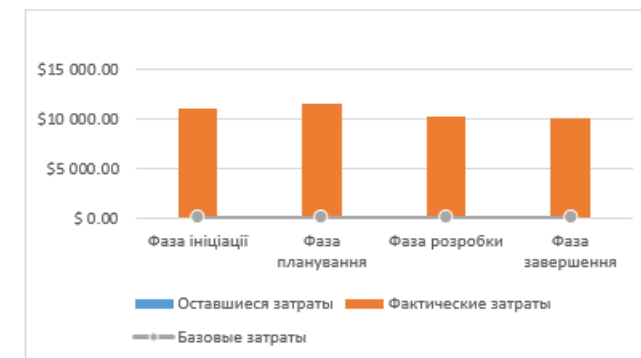


Рисунок 3.4 - Диаграмма Ганта (витраты)

Название ресурса	Тип	Единицы измерения материалов	Краткое название	Группа	Макс. единиц	Стандартная ставка
Компьютери	Материальный	шт	К	ИТ		\$800.00
Принтери	Материальный	шт	П	ИТ		\$200.00
Операційні системи	Материальный	копии	О	ИТ		\$100.00
Антивірусні програми	Материальный	копии	А	ИТ		\$50.00
Пакети Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Visio, MS Project)	Материальный	копии	П	ИТ		\$100.00
Програми СУБД MySQL	Материальный	копии	ПСУБ	ИТ		\$100.00
Програми IntelliJ IDEA	Материальный	копии	IdEA	ИТ		\$50.00
Figma	Материальный	копии	Fi	ИТ		\$120.00
Проджект-менеджер	Трудовой		ПМ	ИТ	100%	\$1 000.00/мес
Бізнес-аналітик	Трудовой		БА	ИТ	100%	\$800.00/мес
Розробник	Трудовой		Разр	ИТ	100%	\$900.00/мес
Дизайнер	Трудовой		Д	ИТ	100%	\$500.00/мес
Тестувальник	Трудовой		Т	ИТ	100%	\$450.00/мес

Рисунок 3.5 - Діаграма Ганта (ресурси)

Діаграма Ганта - це інструмент візуалізації, який використовується для планування та управління проєктами. Він був розроблений інженером-механіком Генрі Гантом на початку 20-го століття. Вона дає змогу представити інформацію про завдання, час виконання, залежності між завданнями та прогрес проєкту в зручному для сприйняття форматі. Діаграму Ганта широко застосовують у різних галузях, включно з інформаційними технологіями, інженерною справою, будівництвом, маркетингом, управлінням ресурсами та багато іншого.

На діаграмі Ганта горизонтальна вісь представляє часовий інтервал проєкту, який може бути розбитий на дні, тижні або місяці. Кожне завдання проєкту представлено вертикальним стовпчиком, який починається і закінчується відповідно до часу, необхідного для виконання завдання. Довжина стовпця зазвичай пропорційна тривалості завдання. Для кожного завдання вказується тривалість, яка може бути виражена в днях, тижнях або місяцях. Діаграма Ганта також дає змогу відображати залежності між завданнями, тобто які завдання мають бути виконані перед іншими. Це допомагає оптимізувати хронологію проєкту й уникнути затримок. Кожне завдання може мати маркер прогресу, який показує, як багато роботи вже виконано. Маркер може бути представлений у вигляді вертикальної лінії на відповідному стовпчику або як горизонтальне штрихування, яке показує, яку частину завдання виконано.

Ключ проєкту містить список усіх завдань та їхніх ідентифікаторів на діаграмі Ганта. Ключ допомагає легко ідентифікувати кожне завдання на діаграмі. Діаграма Ганта - це важливий інструмент для планування, управління та контролю проєкту. Вона дає змогу побачити всю картину проєкту в єдиному поданні та розуміти, як кожне завдання впливає на інші. Крім того, діаграма Ганта може використовуватися для спілкування із зацікавленими сторонами та представлення плану проєкту в наочній формі.

Життєвий цикл надає можливість подивитися на період часу від задуму проєкту до його закінчення. Життєвий цикл проєкту є концепцією, що

розглядає проєкт як послідовність фаз, подій та етапів, кожна з яких має свою назву та часові межі.

В таблиці 3.1 визначений життєвий цикл проєкту, його окремі фази та етапи.

Таблиця 3.1 - Зміст фаз життєвого циклу проєкту

Фаза	Ініціація	Планування	Розробка	Завершення
Початок фази	02.03.2023	16.02.2023	23.03.2023	03.07.2023
Закінчення фази	15.02.2023	22.03.2023	30.06.2023	03.08.2023
Перелік основних робіт	Дослідження предметної галузі; Формування вимог користувача (техн. завдання).	Розробка ескізу концепції платформи; Обговорення вузьких місць проєкту.	Створення структури інтерфейсу; Розробка схема БД Розробка платформи.	Тестування платформи; Запуск платформи; Укладення договору про закінчення.
Ключові віхи	Зроблено дослідження предметної галузі; Сформовано технічне завдання.	Розроблено ескіз концепції платформи.	Розроблено додаток.	Додаток успішно протестовано та здан замовнику.

Кінець таблиці 3.1

Фаза	Ініціація	Планування	Розробка	Завершення
Складності	Недостатньо конкретно прописане технічне завдання може призвести до помилкової реалізації логіки необхідних функцій	Погано продумана концепція проєкту може призвести до повної переробки додатка	При програмній реалізації можуть виникнути велика кількість підводних каменів. Складнощі можуть виявитись під час розробки схеми бд, де треба врахувати велику кількість різних зв'язків та даних.	Через , можливо, неякісне тестування продукту прийдеться переписувати код, що приведе до зайвих витрат.

Наведений життєвий цикл проєкту допомагає поліпшити комунікацію між командою та замовниками, бути впевненим, що ціль досяжна за допомогою доступних ресурсів, керувати ризиками та мінімізувати їх.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ВДОСКОНАЛЕНОГО МЕТОДІВ PROCESS MINING В ІТ ПРОЄКТАХ ПРЕЦЕДЕНТНОГО УПРАВЛІННЯ

У попередньому розділі обрано та пояснено методи та технології, що використовуються в підході перевірки відповідності в неструктурованих процесах з використанням інтелектуального аналізу процесів (process mining). У цьому розділі демонструється реалізація прототипу рішення, а також вказуються проблеми, з якими довелося зіткнутися під час його впровадження.

Як доказ цього підходу використовується PROM як інструмент інтелектуального аналізу процесів та редактор процесів Oryx, модифікований Fraunhofer IAO. Техніка видобутку процесів у PROM використовується для виявлення структурованого процесу з неструктурованого. Також в редакторі процесів Oryx реалізовано нові можливості для перевірки відповідності. Прототип складається з шести частин, включаючи підготовку журналу подій, виконання process mining, визначення правил Oryx, створення правил, перевірку правил у журналі та візуалізацію результатів. Прототип використовує компоненти, це функціональні можливості, які вже доступні в Oryx та PROM[23-26]. Історичні дані та дії працівника з адаптивної системи управління справами записуються в базу даних. Журнал подій у вигляді CSV-файлу витягується з бази даних за допомогою класичного ETL-процесу. Журнал подій завантажується до PROM[27]. Перед виконанням пошуку процесів журнал подій конвертується у формат XES за допомогою плагіна PROM.

Виявлення процесу буде структурований процес з неструктурованого процесу (журналу подій). Структурований процес у вигляді мережі Петрі перетворюється на BPMN. Вихідна модель процесу з PROM має вигляд BPMN. Через конфлікт версій BPMN PROM BPMN мапується у версію Oryx BPMN перед імпортом на платформу Oryx. Потім правила визначаються

графічно на імпортованій моделі процесу, що відображається на полотні Oryx. Процес створення правил переводить графічні правила на мову правил Esper, виражену в Event Process Language (EPL). Правила Esper та оригінальний журнал подій завантажуються до механізму комплексної обробки подій (CEP) для виконання перевірки правил у журналі. Механізм CEP сповіщає тригер подій, коли відбувається порушення визначених правил. Всі порушення реєструються, потім вони візуалізуються у вигляді порушених шляхів на моделі процесу і деталізуються в інформаційній таблиці.

4.1 Підготовка журналу подій та його використання

Ініціативним входом підходу є журнал подій. У цьому контексті журнал подій генерується з адаптивної системи управління справами. Історія виконання процесу та всі дії працівників зі знань зберігаються в базі даних. У цій роботі для підготовки журналу подій використовується класичний процес ETL (вилучення, перетворення і завантаження). Прикладом інструменту є Pentaho Data Integration (PDI, також відомий як Kettle), який є провідним інструментом ETL з відкритим вихідним кодом на ринку. Він дозволяє маніпулювати даними з різних джерел. Типовими функціями є читання, уточнення, перетворення та запис даних у різні формати[28]

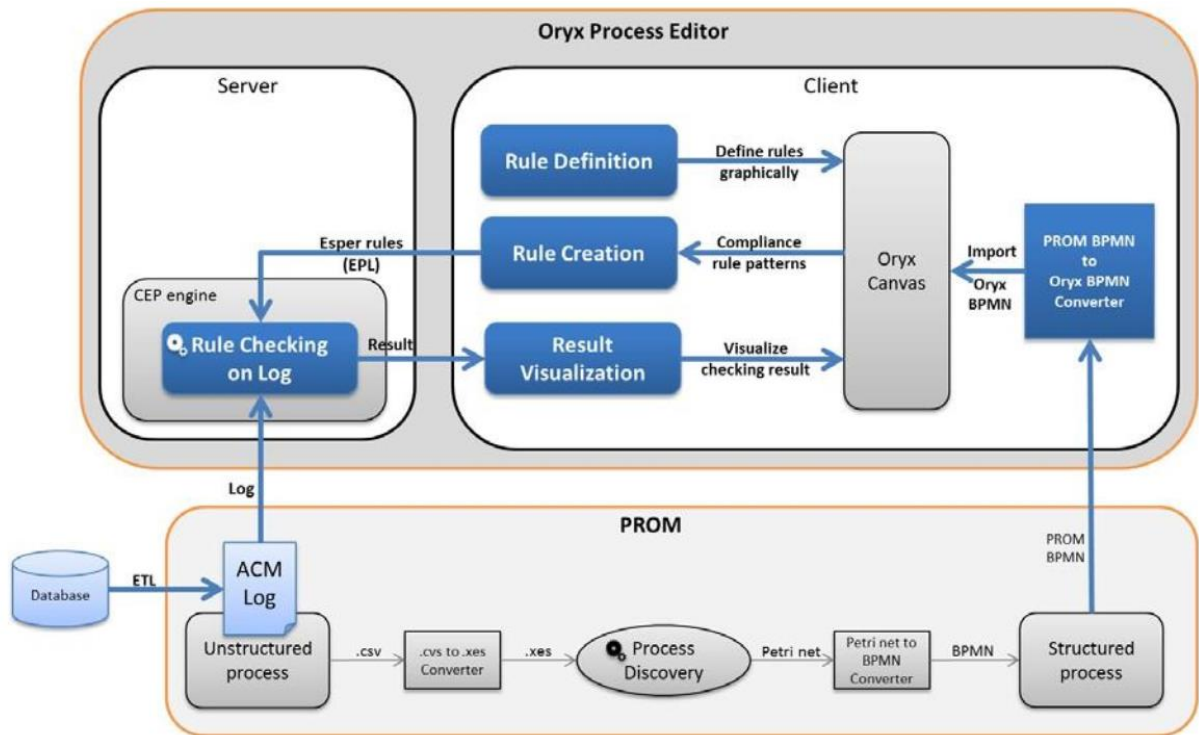


Рисунок 4.1 - Детальна архітектура перевірки відповідності в неструктурованому процесі з використанням Process mining

Після підготовки журналу подій він готовий до використання на етапі аналізу процесів. У цьому підході PROM обрано в якості інструменту для видобутку процесів завдяки широкій підтримці різноманітних методів видобутку процесів. На цьому кроці PROM виконує евристичний пошук, щоб виявити структурований процес з неструктурованого процесу. XES - це формат журналів подій, який зазвичай використовується PROM. При підготовці журналу, журнал подій готується у форматі CSV. Однак PROM має готовий до використання плагін конвертера для перетворення журналу CSV у формат XES. Випробовуються деякі видатні методи виявлення процесів, включаючи Fuzzy miner і Heuristic miner. Вони є визначними алгоритмами, що використовуються в практичних додатках і реальних журналах. Один і той самий підготовлений журнал подій завантажується в кожен методик видобутку процесів для порівняння між методами.

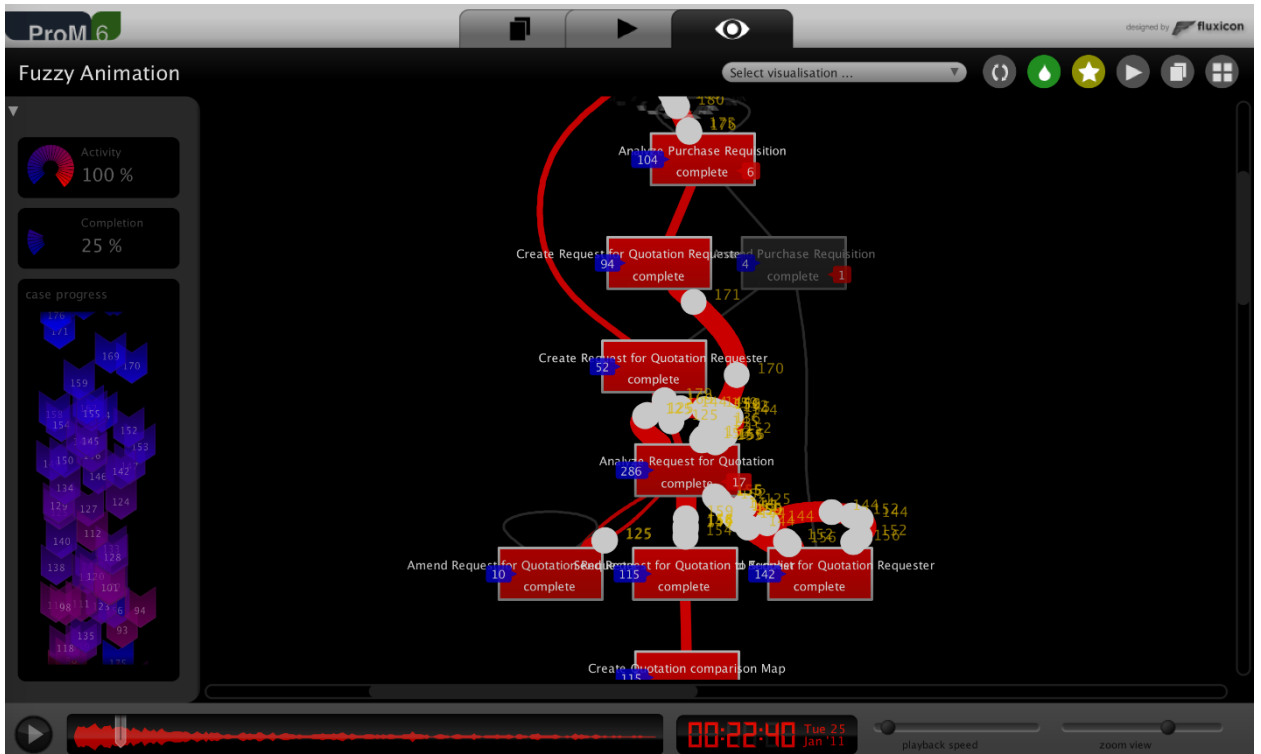


Рисунок 4.2 - Fuzzy Miner від PROM відповідна анімація роботи програми

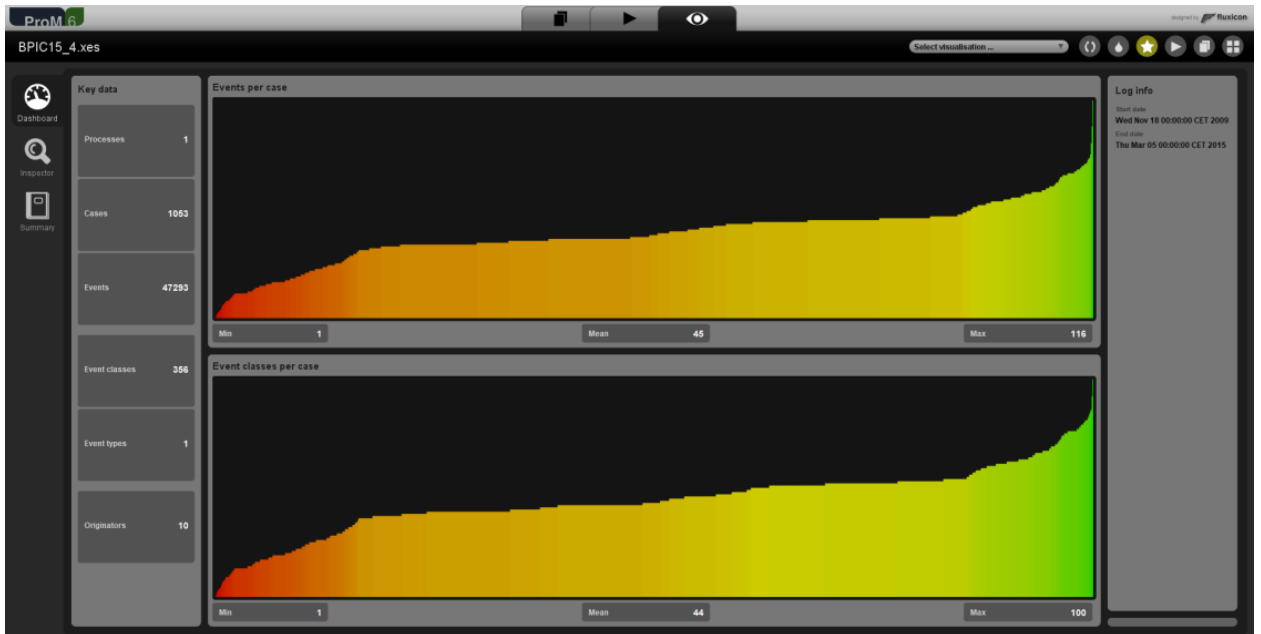


Рисунок 4.3 - Візуалізація інформації журналу в PROM

Однак нечітку модель не можна конвертувати в інші типи мов моделювання процесів. Евристичний майнер фокусується на частоті патернів, щоб виділити основні патерни поведінки в неструктурованих процесах. Також на виході евристичного майнера можна отримати BPMN з виявлених моделей процесів. Таким чином, евристичний майнер - це алгоритм Process mining, який обрано для роботи.

Створивши графічні правила для нашої програми вони перекладаються в програмну мову. У цій роботі обрано правило Esper, оскільки Esper - це фреймворк з відкритим вихідним кодом на основі Java, який зазвичай використовується для комплексної обробки подій (CEP) для аналізу серій подій з метою виявлення ситуацій серед подій, які можуть бути використані для перевірки на відповідність вимогам. Esper виражається мовою обробки подій (Event Process Language, EPL), яка є SQL-подібною мовою, наприклад, з реченнями SELECT, FROM та WHERE[29]. Створення графічних правил для esper-правил генерує твердження правил, які описують поведінку, що порушує визначені правила.

Після створення правила, правила Esper генеруються, і тепер вони готові до етапу перевірки на відповідність. Перевірка правил за журналом реалізована в редакторі процесів Oryx за допомогою механізму Esper Complex Event Processing (CEP) для аналізу рядів подій з метою виявлення порушень серед подій. Механізм розглядає потоки подій як джерело даних замість звичайних таблиць. Потоки подій - це послідовність об'єктів подій, записаних у форматі Plain Old Java Object (POJO). У цій роботі потоки подій - це послідовність даних з журналу подій, які були сконструйовані в Java-об'єктах. Кожен Java-об'єкт складається з атрибутів імені події та ідентифікатора процесу. Потоки подій проходять через набір визначених правил, які зареєстровані як слухачі в механізмі CEP. Механізм CEP обробляє кожну подію з потоків подій і сповіщає тригер події, коли дані події порушують визначені правила.

4.2 Експериментальна перевірка працездатності прототипу

Впровадження інтелектуального аналізу даних (ІА) в ІТ проєкт призвело до безлічі позитивних результатів. Деякі з них включають:

- покращені бізнес-результати – ІА допомогло оптимізувати бізнес-процеси, поліпшити продуктивність, знизити витрати і збільшити прибутковість;

- підвищення якості продукту – ІА використовували для аналізу даних про використання продукту і зворотного зв'язку від користувачів. Це допомогло поліпшити якість продукту і задоволення клієнтів;

- оновлення бази даних. Нові дані мають бути додані в базу даних і пов'язані з відповідними процесами;

- оновлення звітів та аналітичних інструментів. Після оновлення бази даних необхідно оновити всі звіти та інструменти аналізу, щоб вони відображали нові дані;

- більш точніші прогнози – ІА збільшило точність аналізу даних і створення прогнозів. Це допомогло компанії ухвалювати точніші рішення і планувати майбутні дії.

- покращене управління ризиками – ІА допомогло ідентифікувати ризики та запобігти потенційним проблемам;

- швидші рішення – ІА прискорило процес ухвалення рішень, обробляючи великі обсяги даних і надаючи рекомендації на основі аналізу;

- підвищення конкурентоспроможності – впровадження ІА допомогло компанії поліпшити свою конкурентоспроможність, надаючи більш ефективні рішення і послуги, ніж конкуренти.

Раніше було реалізовано прототип рішення для перевірки підходу до перевірки відповідності неструктурованих процесів за допомогою process mining. Зараз реалізований прототип оцінюється на реальному наборі даних. Еволюція слугує цілям, що включають перевірку правильності підходу та

вивчення того, чи можна застосувати розроблений підхід до реальних журналів подій.

У цій роботі пропонується підхід до перевірки відповідності неструктурованих процесів за допомогою інтелектуального аналізу процесів. Неструктурований процес розглядається як реальний журнал подій, створений працівниками, що працюють зі знаннями, які виконують свою роботу в непередбачуваному середовищі. Тому в таких ситуаціях, як, наприклад, страхові випадки, потрібне індивідуальне розслідування. У цій роботі використано реальний набір даних із системи виплат страхових відшкодувань за автострашуванням. Система обробки страхових випадків - це ARPOS. ARPOS розшифровується як "Автоматичне управління процесом на основі правил для онлайн обробки претензій"[30]. Система ARPOS використовується для розслідування страхових випадків з автомобілями. Журнали, що створюються в процесі виконання процесів ARPOS, фіксують дії в процесі розгляду претензій, включаючи автоматичні огляди та експертні дослідження. ARPOS генерує журнали подій у форматі XML, який описує властивості кожної справи. Однак формат журналів подій розроблений для конкретних цілей. Тому, щоб мати можливість оцінити прототип рішення за реальними журналами подій з ARPOS, для підготовки журналу подій використовується процес ETL.

Після підготовки ARPOS-журналу, CSV-журнал передається до PROM. Плагін CSV to XES перетворює журнал CSV у XES. Після перетворення в XES відображається зведення журналу, показане на рисунку 4.2. Звідси видно, що журнал ARPOS має 17 типів подій, 32 634 екземпляри процесів і 188 850 виконаних подій. Це означає, що протягом одного року ARPOS розслідувала 32 634 випадки заяв, 17 типів завдань було використано в процесах розслідування і загалом було виконано 188 850 завдань.

Log Summary		
Total number of process instances: 32634		
Total number of events: 188850		
Event Name		
Event classes defined by Event Name		
All events		
Total number of classes: 17		
Class	Occurrences (absolute)	Occurrences (relative)
bildextraktion_ende	30259	16,023%
bildextraktion_start	30259	16,023%
expertenmodus_anfang	15769	8,35%
expertenmodus_ende	15769	8,35%
gdv_in_folder	11951	6,328%
gdv_gateway	11951	6,328%
gdv_out	11951	6,328%
receive	11951	6,328%
decide	8993	4,762%
check	8993	4,762%
wartet_auf_bearbeitung	8993	4,762%
dispatch	8993	4,762%
pws_prozess	4690	2,483%
fde_prozess	4690	2,483%
fde	2958	1,566%
check_expertenmodus	340	0,18%
decide_expertenmodus	340	0,18%

Рисунок 4.4 - Зведення журналу, згенероване PROM

Набір шаблонів для визначення правил складається з нотаток Правильний шаблон, Неправильний шаблон і Непрямий потік. Правила визначаються перетягуванням на вирівняну модель процесу. У цій оцінці експерт з процесів визначив 13 правил. Є 11 правильних шаблонів правил і 2 неправильних шаблони правил. Модель процесу з визначеними графічними правилами показана на рисунку 4.4. Перелік визначених правил та їх опис показано на рисунку 4.5

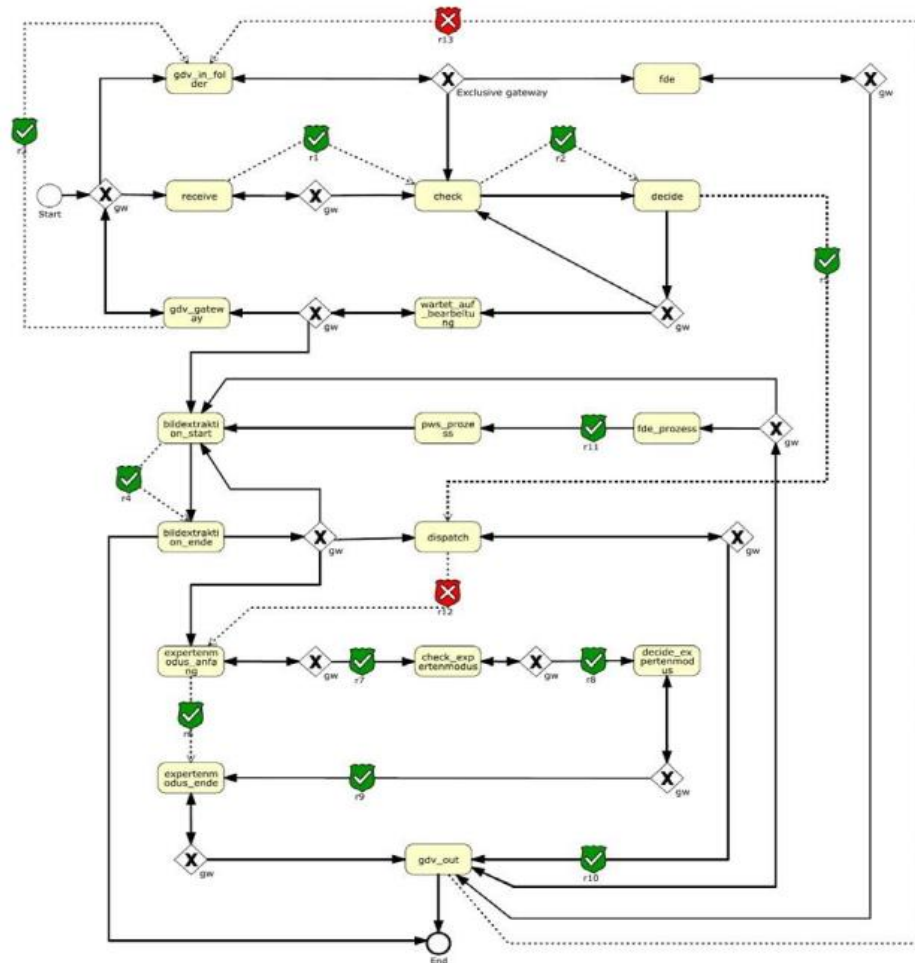


Рисунок 4.5 - Модель процесу з графічним визначенням правил

Rule Checking on Event Log Result			
Rule	Failure	Failed Process Id	Description
R10	0		INSERT INTO R10 SELECT m...
R11	0		INSERT INTO R11 SELECT m...
R7	0		INSERT INTO R7 SELECT m...
R8	0		INSERT INTO R8 SELECT m...
R1	0		INSERT INTO R1 SELECT m...
R2	0		INSERT INTO R2 SELECT m...
R5	0		INSERT INTO R5 SELECT m...
R4	0		INSERT INTO R4 SELECT m...
R3	0		INSERT INTO R3 SELECT m...
R6	0		INSERT INTO R6 SELECT m...
R9	0		INSERT INTO R9 SELECT m...
R13	44	4942948139,1978668462,2162209487...	INSERT INTO R13 SELECT m...
R12	19	1978668462,8934888256,1088404318...	INSERT INTO R12 SELECT m...

Rule Checking on Event Log Result			
Rule	Failure	Failed Process Id	Description
R10	0		INSERT INTO R10 SELECT m...
R11	0		INSERT INTO R11 SELECT m...
R7	0		INSERT INTO R7 SELECT m...
R8	0		INSERT INTO R8 SELECT m...
R1	0		INSERT INTO R1 SELECT m...
R2	0		INSERT INTO R2 SELECT m...
R5	0		INSERT INTO R5 SELECT m...
R4	0		INSERT INTO R4 SELECT m...
R3	0		INSERT INTO R3 SELECT m...
R6	0		INSERT INTO R6 SELECT m...
R9	0		INSERT INTO R9 SELECT m...
R13	11951	1205996707,1205996707,1205996707,...	INSERT INTO R13 SELECT m...
R12	3321	9204101739,1023119025,1704263456,...	INSERT INTO R12 SELECT m...

Рисунок 4.6 - Інформаційна таблиця результату перевірки правил у журналі з 27 000 виконаних завдань (ліворуч) та 188 850 виконаних завдань (праворуч) (весь журнал за один рік) (праворуч)

Розроблений прототип припускає, що виявлено деякі порушення поведінки, тобто деякі екземпляри процесів не відповідають правилам R12 та R13. Однак, після перевірки екземплярів процесів, що порушують правила, в журналі, не виявлено жодних порушень, але вони є циклами. Цикл вказує на те, що завдання повторюються, тобто цикл складається з послідовності завдань, які безперервно виконуються до тих пір, поки не буде виконано певну умову.

На закінчення, прототип має обмеження в перевірці на відповідність, якщо у виконанні виникають зациклення. Без цього обмеження результат перевірки правил в журналі не матиме порушень і відповідатиме всім визначеним правилам. До прототипу можна додати додатковий атрибут для функцій перевірки відповідності, який вказуватиме на те, що завдання виконуються у другому циклі.

Загалом, впровадження інтелектуального аналізу даних призвело до безлічі позитивних результатів, які можуть поліпшили ефективність, продуктивність і конкурентоспроможність компанії.

Після створення прецеденту маємо створити експериментальну перевірку використання методу у ІТ проєктах прецедентного управління, для цього ми робимо експериментальне впровадження методу в ІТ компанію. Як критерії оцінки беремо декілька факторів такі як час затрачений на виконання конкретного процесу та відгук користувачів.

Завдяки використанню ProM-у при інтелектуальному аналізі даних з вибірки із 2-х прецедентів процесу «Створення Технічного Завдання» обрано створений нами прецедент по критерію часу виконання він є кращим що і зображено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Результати використання удосконаленої моделі.

Параметр	Початковий результат (робочих днів)	Результат на основі створеного прецеденту (робочих днів)
Час виконання	7	5

Як другий критерій оцінки ефективності був обраний «відгуки користувачів», для цього ми створили анкету опитування в Google Forms та надали доступ до неї експертній групі яка приймала участь в проєкті де був впроваджений метод. Експертна група складається з користувачів віком від 18 до 40 з різними посадами та обов'язками.

Опитування по експериментальній моделі

Загальні питання з приводу експериментальної моделі

Чи сподобалась вам демонстративна модель? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ні Так

...

Чи підвисилась точність планування робіт? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ні Так

...

Чи підвисилась швидкість планування робіт? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ні Так

Ваші побажання, що до покращення методу? *

Краткий ответ

Рисунок 4.7 - Основні питання з приводу експериментальної моделі

У ході перевірки працездатності удосконаленої моделі було проведено опитування на основі експериментальної моделі. В результаті отримані дані по досліджуваним параметрам моделі, що наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.3 - Результати опитування про успіхи впровадження удосконаленої моделі.

Параметри	Початковий результат	Результат на основі створеного прецеденту
Точність	5,9	7,8
Швидкість	6,2	8,6
Враження про систему	5,3	8,2

ВИСНОВКИ

Метою магістерської роботи є використання можливостей інтелектуального аналізу процесів у поєднанні з дисципліною адаптивного кейс-менеджменту та розробка прототипу рішення для потенційної комбінації. Проаналізовано такі сценарії: (1) інтелектуальний аналіз процесів для підтримки працівників знань в АСМ, (2) інтелектуальний аналіз процесів для переходу від неструктурованого до структурованого процесу та (3) інтелектуальний аналіз процесів для дотримання нормативних вимог у неструктурованих процесах. Концепція реалізації прототипу базується на аналізі трьох сценаріїв. Розглядаючи аналіз сценаріїв, можна встановити зв'язок між сценаріями. Тобто сценарій переходу від неструктурованого до структурованого процесу може бути первинним кроком для інших двох сценаріїв. У зв'язку з важливістю перевірки комплаєнсу в організаціях та рідкісними дослідженнями щодо перевірки комплаєнсу в неструктурованих процесах, тому в цій магістерській роботі пропонується підхід до перевірки комплаєнсу для неструктурованих процесів з використанням інтелектуального аналізу процесів.

Було проведено аналіз та опис особливостей прецедентного управління та задач process mining.

Проведено аналіз методів інтелектуального аналізу процесів та поставлені задачі дослідження.

Удосконалено метод підтримки прецедентного управління з використанням прецедентів бізнес процесів, отриманих на основі аналізу журналів подій, шляхом визначення та перевірки правил, яким має задовольняти послідовність дій бізнес процесу

Виконано роботи ми провели експериментальну перевірку на реальних даних та довели що наш метод дійсно покращує роботу ІТ компаній з прецедентним управлінням, не тільки теоретично а й практично.

Результати роботи були представлені у вигляді тез доповіді на тему «Інтелектуальний аналіз гнучкого процесу розробки іт-проєкту» .

Кваліфікаційна робота виконана згідно з методичними вказівками щодо розробки та оформлення магістерської атестаційної роботи за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки (освітня програма «Управління проєктами в галузі інформаційних технологій» освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»)[31]

Перелік джерел посилання оформлено згідно з державним стандартом ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» [32].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. R. Bergenthum, J. Desel, R. Lorenz, and S. Mauser, "Process Mining Based on Regions of Languages," International Conference on Business Process Management, 2007, - 375–383с.
2. A. Oracle, T. Leadership, and W. Paper, "Building the Business Case for BPM," An Oracle Thought Leadership White Paper, no. March. 2009. - 21с.
3. Workflow Management Coalition (WfMC), "What is Case Management?," 2010. URL: <http://adaptivecasemanagement.org/AboutACM.html>. (дата звернення: 14.04.2023).
4. J. Ukelson, "What to do when modeling doesn't work," in How Adaptive Case Management Will Revolutionize the Way That Knowledge Workers Get Things Done, Megan-Kiffer Press, 2010.- 209с.
5. N. Palmer, L. Fischer, and S. Reddy, Thriving on Adaptability: Best Practices for Knowledge Workers. Future Strategies Incorporated, 2015. - 272с.
6. W. M. P. van der Aalst, M. Pesic, and M. Song, "Beyond Process Mining: From the Past to Present and Future," International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Springer Berlin Heidelberg, 2010. - 52с.
7. H. F. Witschel, T. Q. Nguyen, and K. Hinkelmann, "Learning Business Rules for Adaptive Process Models," 2012. – 145с.
8. W. M. P. van der Aalst, A. Weijters, and L. Maruster, "Workflow Mining: Виявлення моделей процесів з журналів подій", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 16, vol. 9, 2003, - 1128-1142с.
9. A. K. A. de Medeiros, B. F. van Dongen, W. M. P. der Aalst, and A. Weijters, "Process mining: Розширення α -алгоритму для видобутку коротких циклів", серія робочих документів ВЕТА, WP 113, Ейндховенський технологічний університет, Ейндховен, 2004, -121-132 с.

10. А. Вейтерс і В. М. П. ван дер Аалст, "Переосмислення моделей робочого процесу на основі даних про події за допомогою маленького пальця", Інтегрована комп'ютерна інженерія 10, т. 2, 2003, 151-162 с.
11. А. J. M. M. Weijters, W. M. P. Van Der Aalst, and A. K. A. De Medeiros, "Process Mining with the Heuristics Miner Algorithm," Technische Universiteit Eindhoven, Tech. Rep. WP 166, 2006, - 1-34 с.
12. Чалий С.Ф., Богатов Є.О. Упорядкування трас логу на основі порівняння атрибутів подій в задачі побудови моделей бізнес-процесів засобами. Process mining Materials of the VII International Scientific Conference «Information-Control System and Technologies» 17th-18th September, 2018, Odessa. С.152-154.
13. Чалий С.Ф., Кузьма Є.А., Process Mining – Інструмент менеджмента бізнес процесів Матеріали X-ої Ювілейної Міжнародної науково-практичної конференції «Free and Open Source Software», Харків, 20-22 листопада 2018 р. – Харків: Харківський національний університет будівництва та архітектури, 2018. С.75.
14. Т. Štajner and D. Mladenčić, "Modeling Knowledge Worker Activity," Proceedings of the workshop on applications of pattern analysis, Cumberland Lodge, 2010,127–133с.
15. P. M. Esposito, M. A. A. Vaz, S. A. Rodrigues, and J. M. De Souza, "MANA: Identifying and Mining Unstructured Business Processes," International Conference on Business Process Management. Springer Berlin Heidelberg, 2012. - 199–204с.
16. H. F. Witschel, T. Q. Nguyen, and K. Hinkelmann, "Learning Business Rules for Adaptive Process Models," 2016. – 186с.
17. Балабанов І.Т. Основи фінансового менеджменту / Балабанов І.Т. - М.: Проспект, 1995. - 284 с.
18. W. M. P. van der Aalst та С. W. Günther, "Пошук структури в неструктурованих процесах: Випадок для видобутку корисних копалин", Застосування паралелізму до проектування систем. IEEE, 2007, с. 3-12.

19. R. P. Джагадіш Чандра Бозе та В. М. П. ван дер Аальст, "Абстракції в process mining: Таксономія моделей", Міжнародна конференція з управління бізнес-процесами. Springer Berlin Heidelberg, 2009, с. 159-175.
20. "EsperTech Event Series Intelligence." URL: <http://www.espertech.com/>.(дата звернення: 01.04.2023).
21. Джесси Рассел, Діаграма Ганта - М.: VSD, 2012. - 591 с.
22. Г. Декер, Г. Овердік та М. Веске, "Oryx - відкрита платформа моделювання для спільноти BPM", Міжнародна конференція з управління бізнес-процесами. Springer Berlin Heidelberg, 2008, - 382-385 с.
23. Ф. Кеттер, А. Вайсбекер і Т. Реннер, "Оптимізація бізнес-процесів у міжфірмових мережах обслуговування", 2012 Щорічна глобальна конференція SRII. IEEE, 2012, 715-724 с.
24. Ф. Кеттер, М. Кочановський, А. Вайсбекер, К. Фелінг та Ф. Лейман, "Інтеграція вимог відповідності в бізнесі та ІТ", Конференція з розподілених об'єктних обчислень на підприємствах (EDOC), 2014 IEEE 18th International. IEEE, 2014, - 15с.
25. Ф. Кеттер і М. Кочановський, "Модельний підхід до моніторингу бізнеспроцесів на основі подій", Інформаційні системи та управління електронним бізнесом. 2015, 5-36с.
26. Ф. Кеттер, М. Кочановський, Т. Реннер, К. Фелінг та Ф. Лейман, "Уніфікація управління відповідністю в адаптивних середовищах за допомогою дескрипторів варіабельності (коротке повідомлення)", 2013 IEEE 6-та Міжнародна конференція з сервіс-орієнтованих обчислень та застосувань. IEEE, 2013, - 24с.
27. М. Ель-Харбілі, С. Штейн, І. Маркович та Е. Пульвермюллер, "До основи для семантичного управління дотриманням бізнес-процесів", Матеріали GRCIS 2008, - 45с.
28. W. M. P. van der Aalst, H. T. de Beer, and B. F. van Dongen, "Process Mining та верифікація властивостей O:TAMn Підхід на основі о

Конфедеративна міжнародна конференція "На шляху до змістовних інтернетсистем". Springer, 2005, - 38с.

29. "Pentaho Data Integration (Kettle) Tutorial". URL: [http://wiki.pentaho.com/display/EAI/Pentaho+Data+Integration+\(Kettle\)+Tutorial](http://wiki.pentaho.com/display/EAI/Pentaho+Data+Integration+(Kettle)+Tutorial). (дата звернення: 18.04.2023).

30. Т. Реннер та Й. Фінзен, "Автоматичний регуляторний процес управління для онлайн-виробництва шкідливих речовин". 2011, - 143с.

31. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення магістерської атестаційної роботи за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки (освітня програма «Управління проєктами в галузі інформаційних технологій» освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» / Упоряд.: Петров К.Е., Левикін В.М., Чалий С.Ф., Євланов М.В., Саєнко В.І., Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чала О.В. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 28 с.

32. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання. – Чинний від 04.03.2016. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 20 с.