

УДК 004.8:004.9

DOI 10.30837/bi.2023.1(99).03

О.В. Чала¹, Є.О. Богатов²

¹професор кафедри інформаційних управляючих систем,
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, oksana.chala@nure.u

²асистент кафедри інформаційних управляючих систем, Харківський національний
університет радіоелектроніки, Україна, ievgen.bogatov@nure.ua

ПОБУДОВА МОДЕЛІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕМПОРАЛЬНИХ ЗНАТЬ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ПРОЦЕСНОГО УПРАВЛІННЯ

Предметом дослідження є бізнес-процеси, що представляють собою послідовність робіт, яка забезпечується ресурсами та створює продукти та послуги, що мають цінність для клієнтів таких процесів. Метою є розробка підходу до вирішення задач впровадження процесного управління на основі автоматизованого виявлення темпоральних знань, що дозволяє встановити умови та обмеження на виконання дій процесу з урахуванням їх фактичної упорядкованості в часі і, тим самим, дає можливість врахувати персональні знання виконавців процесу як при побудові, так і при уточненні його моделі. Завдання: структуризація задач процесного управління з урахуванням взаємодії задач впровадження процесного управління та задач управління бізнес-процесами; розробка методу побудови прототипу бізнес-процесу з використанням темпоральних знань. Використовуваними підходами є: методи процесного управління, методи process mining, методи формування темпоральних знань. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному. Розроблено метод побудови моделі бізнес-процесу «як є», що фактично виконується на підприємстві, з використанням темпоральних знань. Метод містить етапи формування темпоральних знань у вигляді правил, що визначають послідовність дій процесу у часі, виділення підмножин правил, що задають послідовне та паралельне або альтернативне виконання дій процесу, а також етапи моделі бізнес-процесу у вигляді графу потоків робіт, що враховує виявлені темпоральні правила. В практичному аспекті метод створює умови для реалізації постійного удосконалення бізнес-процесу на основі ітеративного виявлення та подальшого використання неявних знань виконавців, які знайшли відображення у темпоральних правилах.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, БІЗНЕС-ПРОЦЕС, ПРОЦЕСНЕ УПРАВЛІННЯ, ЗНАННЯ, ТЕМПОРАЛЬНЕ ПРАВИЛО, ЖУРНАЛ ПОДІЙ, ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК

O.V. Chala, E.O. Bogatov Building a business process model using temporal knowledge when implementing process management. The article's subject matter are business processes, which are a sequence of work, which are provided with resources and create products and services that are valuable for the customers of such processes. The aim is to develop an approach to solving the problems of implementing process management based on the automated detection of temporal knowledge, which makes it possible to establish conditions and restrictions on the execution of process actions, considering their actual temporal order, and thus makes it possible to consider the personal knowledge of process performers both in building and refining their model. Objectives: To structure the process management tasks, considering the interaction between the subtasks of process management implementation and business process management tasks; to develop a method for building a business process prototype using temporal knowledge. The approaches used are process management methods, process mining methods, temporal knowledge methods. The scientific novelty of the obtained results is as follows. The article develops a method for building a model of the business process "as it is", performed in an enterprise, using temporal knowledge. The method includes stages of forming temporal knowledge in the form of rules that determine the sequence of process actions in time, selection of subsets of rules that specify sequential and parallel or alternative execution of process actions, and stages of building the business process model in the form of a workflow graph that considers the identified temporal rules. In practice, the method creates conditions for the implementation of continuous improvement of the business process based on the iterative identification and further use of the tacit knowledge of the performers, which is reflected in the temporal rules.

INFORMATION SYSTEM, BUSINESS PROCESS, PROCESS MANAGEMENT, KNOWLEDGE, TEMPORAL RULE, EVENT LOG, CAUSE AND EFFECT RELATIONSHIP

Вступ

Процесне управління підприємством орієнтовано на побудову та подальше використання моделей бізнес-процесів (БП) [1]. Такі моделі визначають послідовність виконання робіт, а також необхідні для цих робіт ресурси [2]. При впровадженні процесного управління виділяють п'ять рівнів зрілості – від початкового до рівня постійного покращення бізнес-процесів [3]. На початковому рівні зрілості процеси є неформалізованими. Їх виконання повністю базується на знаннях та ініціативі виконавців. На п'ятому рівні використовуються моделі

бізнес-процесів, які повністю відображають особливості фактичних процесів, що виконуються на підприємстві. Перехід між рівнями зрілості передбачає постійне удосконалення процесних моделей. Вказане удосконалення потребує виявлення знань щодо особливостей виконання бізнес-процесу на конкретному підприємстві. Такі знання представлені в явній та неявній формі. Явні знання зазвичай задокументовані, а неявні – є персональними знаннями виконавців. Використання останніх приводить до змін порядку робіт процесу у часі, які не відображені в процесній моделі [4].

Існуючі підходи до побудови моделей бізнес-процесів базуються на використанні явних знань, а також додатковому опитуванню експертів з метою виявити неявні знання [5]. Проте не приділяється достатньо уваги виявленню неявних поведінкових знань виконавців процесу з метою подальшого використання цих знань для удосконалення процесної моделі, оскільки представлення таких знань у вербальній формі пов'язано із суттєвими труднощами. Проте неявні поведінкові знання можуть бути виявлені на основі аналізу записів про виконання бізнес-процесів [6, 7] та виявлення темпоральних залежностей, що задають упорядкованість пар подій бізнес-процесу у часі. Дослідження підходів до побудови й представлення темпоральних знань представлені в роботах [8-10]. Однак в наведених дослідження не розглядаються питання використання темпоральних знань для підтримки впровадження процесного управління. Зазначене свідчить про актуальність розробки підходу до впровадження процесного управління на основі побудови моделей бізнес-процесів з використанням темпоральних знань.

1. Постановка задачі

Метою статті є розробка підходу до вирішення задач впровадження процесного управління на основі автоматизованого виявлення темпоральних знань, що дозволяє встановити умови та обмеження на виконання дій процесу з урахуванням їх фактичної упорядкованості в часі і, тим самим, дає можливість врахувати персональні знання виконавців процесу як при побудові, так і при уточненні його моделі.

Для досягнення мети дослідження вирішуються такі задачі: структуризація задач процесного управління з урахуванням взаємодії задач впровадження процесного управління та задач управління бізнес-процесами; розробка методу побудови прототипу

бізнес-процесу з використанням темпоральних знань.

2. Структуризація задач процесного управління

Процесний підхід до управління передбачає організацію управління підприємством з використанням процесного опису його діяльності.

Головна ідея процесного управління полягає у зменшенні витрат на організацію діяльності підприємства шляхом формування горизонтально-орієнтованих послідовностей робіт, що забезпечують ефективну взаємодію виконавців з різних підрозділів при створенні товарів та послуг для клієнтів підприємства. Ці послідовності робіт є ключовим елементом відповідних бізнес-процесів.

Безпосередня взаємодія виконавців робіт дає можливість суттєво знизити витрати на досягнення цілей підприємства із забезпеченням заданого рівня якості продукції. Якість продукції згідно процесного підходу визначається тим, наскільки результати бізнес-процесів становлять цінність для користувача.

Процесний опис діяльності підприємства містить моделі взаємопов'язаних бізнес-процесів. Моделі бізнес-процесів інтегрують послідовності робіт, що дають можливість досягти мети діяльності підприємства, необхідні для цих робіт ресурси, а також враховують організаційні аспекти управління бізнес-процесами.

Процесне управління передбачає вирішення двох груп задач: управління бізнес-процесами; впровадження процесного управління.

Управління бізнес-процесами включає вирішення таких задач: управління підприємством з використанням моделей бізнес-процесів; моніторинг виконання бізнес-процесів.

Властивості задач процесного управління наведено в табл. 1. Зв'язок між задачами процесного управління представлено на рис. 1.

Таблиця 1

Задачі процесного управління

Група задач	Задача	Властивості
Управління бізнес-процесами	Управління підприємством з використанням моделей бізнес-процесів	Реалізується управління за відхиленням. Використовуються показники результативності та ефективності для оцінки бізнес-процесу.
	Моніторинг виконання бізнес-процесів	Послідовність дій виконаного бізнес-процесу фіксується у журналі подій. Журнал подій містить окремі записи для кожної реалізації бізнес-процесу.
Впровадження процесного управління	Побудова й удосконалення моделей бізнес-процесів	Формується апріорно задана модель бізнес-процесу. Дана модель враховує явні знання про діяльність підприємства і може не враховувати неявні знання виконавців щодо дій в рамках процесу.
	Вилучення знань для удосконалення моделей бізнес-процесів	Формується модель бізнес-процесу «як є» на основі аналізу журналу подій. Дана модель відображає як явні, так і неявні знання щодо процесу. Модель порівнюється з апріорно заданою моделлю БП. На основі порівняння виявляються неявні знання, які дають можливість удосконалити бізнес-процес.

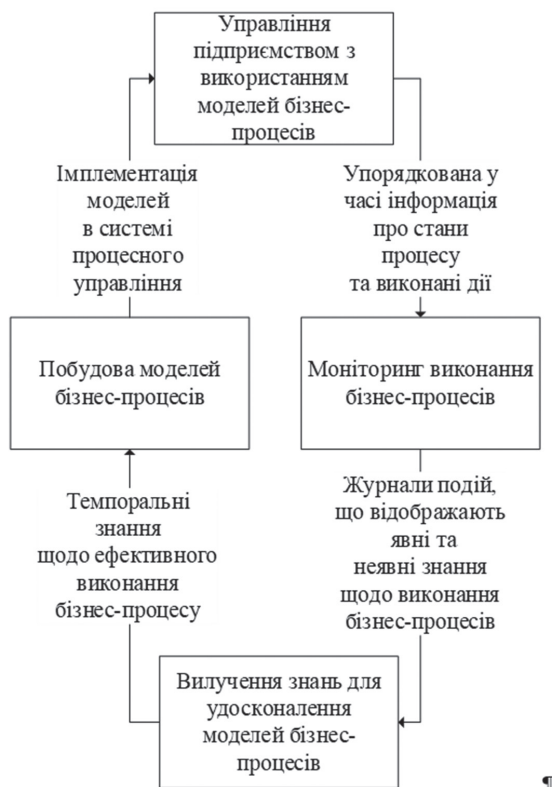


Рис. 1. Взаємозв'язок задач процесного управління

При імплементації першої задачі управління бізнес-процесами реалізується управління за відхиленням згідно послідовності робіт, визначеної у моделі бізнес-процесу. Оцінка виконання проводиться за показниками результативності та ефективності.

Показник результативності визначає ступінь досягнення результатів бізнес-процесу. Показник ефективності визначається з урахуванням вартості ресурсів, що були витрачені для досягнення вказаного результату.

Задача моніторингу бізнес-процесів передбачає фіксацію послідовностей робіт, які були виконані при реалізації цих процесів. Запис послідовностей робіт зазвичай виконується у журналах подій (логах). Журнал подій містить множину записів кожної реалізації БП.

Порівняння послідовності дій в журналі та в моделі БП дає можливість перевірити відповідність реального процесу та його модельного опису, що створює умови для постійного удосконалення процесних моделей.

При впровадженні процесного управління виконуються такі задачі: побудова моделей бізнес-процесів; вилучення знань для удосконалення моделей бізнес-процесів.

При вирішенні першої задачі зазвичай використовуються документальний опис діяльності підприємства, а також знання, що можуть бути вилучені в результаті бесід із експертами у відповідній предметній області.

На основі цих знань формується апріорна «ідеальна» модель виконання робіт бізнес-процесу. Проте дана модель не завжди враховує неявні знання виконавців процесу. Ці знання в більшості випадків не можуть бути вилучені в результаті бесід з виконавцями, тому що вони є неявними поведінковими (tacit) знаннями. Останні можуть бути вилучені за результатами виконання бізнес-процесів, що створює умови для подальшого удосконалення процесної моделі.

Задача удосконалення моделі бізнес-процесу полягає у виявленні невідповідностей між моделлю та реальним процесом, що виконується на підприємстві, і подальшій адаптації процесу з тим, щоб останній забезпечував досягнення заданих показників результативності та ефективності.

Цільова модель бізнес-процесу в даній задачі є апріорно заданою. Модель бізнес-процесу, що фактично виконується, може бути сформована методом process mining [11] на основі аналізу журналу подій, що містить упорядковані у часі записи про послідовність виконання дій бізнес-процесу.

Порівняння моделей дає можливість виявити неявні знання, що відображають рішення виконавців процесу, та не враховані в цільовій моделі БП. При удосконаленні моделі БП враховуються ці неявні знання, оскільки останні відображають практичні прийоми та навички, що відповідають корпоративній культурі підприємства і можуть спростувати імплементацію бізнес-процесу для виконавців.

3. Метод побудови прототипу бізнес-процесу з використанням темпоральних знань при впровадженні процесного управління

Запропонований метод автоматизованої побудови процесної моделі орієнтований на вирішення задачі впровадження процесного управління на основі порівняння знань у апріорно заданій моделі бізнес-процесу та отриманій на основі аналізу журналу подій моделі бізнес-процесу.

Для обґрунтування методу розглянемо вербальну постановку комплексної задачі впровадження процесного управління з вирішенням задач побудови процесних моделей та вилучення знань для удосконалення бізнес-процесів.

Вхідними даними для побудови процесної моделі є інформація про фактично виконані бізнес-процеси, яка відображає явні та неявні знання про допустимі послідовності робіт для всіх реалізованих екземплярів бізнес-процесу. Під екземпляром бізнес-процесу будемо розуміти виконану на підприємстві послідовність робіт згідно цільової моделі БП. Тобто процес, описаний в одній моделі, може виконуватись багаторазово, в різні періоди часу. Кожна імплементація такого БП розглядається як екземпляр процесу.

Вхідні дані представлені у форматі журналу подій E який складається з множини записів про виконання кожного екземпляру бізнес-процесу E_i $E = \{E_i\}$. Кожна послідовність E_i складається із подій з мітками часу $t_{i,j}$:

$$E_i = \langle e_{i,1}, \dots, e_{i,j}, \dots, e_{i,n} : (\forall i \forall j) \exists t_{i,j} \in e_{i,j} \rangle. \quad (1)$$

Наявність міток часу для подій дає можливість визначити їх темпоральну упорядкованість.

Семантика такого подієвого опису полягає в тому, що кожна подія характеризує стан бізнес-процесу після виконання однієї з дій у послідовності робіт. Події мають властивості, які відображають властивості елементів бізнес-процесу, що були пов'язані із виконанням дій. Такі властивості, наприклад, включають: назву дії; рівень важливості дії; назву елемента організаційної структури, де було виконано дію; виконавця дії, а також роль виконавця, стан виконання дії тощо. Склад властивостей події визначається для кожного бізнес-процесу. Єдиною спільною властивістю, яка використовується для опису всіх бізнес-процесів в журналах подій, є мітка часу.

Слід зазначити, що на початку впровадження процесного управління на підприємстві бізнес-процеси зазвичай є неформалізованими. Вони базуються на ustalених в рамках корпоративної культури послідовностях робіт з виробництва продукції та послуг, а також ustalених правилах взаємодії між співробітниками. Такі процеси зазвичай виконуються лише на основі персональних знань виконавців процесу. Зазначені особливості процесного опису є характерними для найнижчого, першого рівня процесної зрілості. Для даного рівня зрілості, упорядкованість подій в рамках одного екземпляру бізнес-процесу зазвичай не задається і журнал подій містить події з різних екземплярів різних бізнес-процесів:

$$E = \{e_{i,j} : (\forall i \forall j) \exists t_{i,j} \in e_{i,j}\}. \quad (2)$$

Вирішення задача вилучення знань для удосконалення моделей бізнес-процесів автоматизованим способом полягає у встановленні залежності в часі між довільними подіями $e_{i,j}$ та $e_{i,m}$ для кожного екземпляру бізнес-процесу. Причини такого підходу полягають в тому, що темпоральна інформація є обов'язковою для опису подій в журналі, а інформація про причини виконання записаної послідовності подій зазвичай не може бути вилучена із журналу. Неможливість встановлення причин виконання дій із записів журналу є наслідком того, що кожна подія містить лише запис про поточні значення властивостей. Властивості, які були причинами для виконання відповідної дії, окремо в журналі не виділяються. Проте слід зазначити, що темпоральні залежності між подіями журналу є відображенням причинно-наслідкових зв'язків між відповідними діями процесу,

оскільки зафіксована в журналі послідовність робіт бізнес-процесу визначається знанням про каузальні залежності між діями з отримання фінального продукту або послуги.

Темпоральна упорядкованість подій в журналі відображає як явні причинно-наслідкові залежності, які були враховані в апіорно заданій моделі БП, так і неявні залежності, які відображають персональні знання виконавців. Виявлення цих темпоральних знань дає можливість знайти неточності та невідповідності в існуючій моделі бізнес-процесу.

Таким чином, порівняння явних та неявних знань на основі виділених темпоральних залежностей створює умови для побудови удосконаленої моделі бізнес-процесу з урахуванням розбіжностей між явними та неявними знаннями.

Тобто необхідно знайти набір темпоральних знань $\{f_m^j\}$, що зв'язують j -ті та m -події в єдину послідовність, від початку і до завершення виконання бізнес-процесу. Вилучення вказаних залежностей дає можливість перейти від неупорядкованої множини подій, яка містить події з декількох екземплярів бізнес-процесу, до множини упорядкованих послідовностей подій для кожного екземпляру бізнес-процесу.

У випадку, якщо журнал подій містить упорядковані послідовності для кожного екземпляру БП, то задача вилучення знань полягає у виявленні таких залежностей $f_{i,m}^{i,j}$ між подіями $e_{i,j}$ та $e_{i,m}$ що були відсутні в апіорно заданій процесній моделі.

Кожна подія $e_{i,j}$ задається множиною значень змінних $v_{i,j}^t$. Ця множина значень може бути представлена вектором $\bar{V}_{i,j}$, причому початковим елементом $v_{i,j}^{(0)}$ даного вектору є мітка часу, тобто:

$$e_{i,j} \equiv \bar{V}_{i,j} \Big|_{v_{i,j}^{(0)} = t_{i,j}}. \quad (3)$$

Можливість наведеного векторного опису подій журналу обґрунтовується тим фактом, що кожен запис в журналі подій містить інформацію про значення одних і тих же змінних, що відображають властивості події. Ці властивості записані у одному і тому ж порядку для кожної події. Тому індекс елемента у векторі $\bar{V}_{i,j}$ однозначно визначає конкретну властивість події.

Відповідно до (1) – (3), темпоральні залежності $f_{i,m}^{i,j}$ між подіями $e_{i,j}$ та $e_{i,m}$ між визначають послідовність переходів між роботами бізнес-процесу з урахуванням як дій, що безпосередньо слідує одна за одною, так і дій, між якими виконуються інші дії.

Для кожного екземпляру процесу ці події записуються послідовно. Однак порівняння цих залежностей для декількох екземплярів бізнес-процесу дає можливість встановити послідовне, паралельне або альтернативне виконання дій БП. Вказані відмінності виконання визначаються темпоральними правилами

f_m^j , які поєднують залежності $f_{i,m}^{i,j}$ із записів про реалізацію декількох екземплярів бізнес-процесу.

Таким чином, задача вилучення знань щодо БП полягає у знаходженні темпоральних правил f_m^j , що відображають знання про можливі послідовності виконання робіт бізнес-процесу.

Задача побудови моделей бізнес-процесів передбачає виконання таких кроків:

- побудова узагальненого процесного опису діяльності підприємства;
- побудова моделей окремих бізнес-процесів;
- встановлення зв'язків між бізнес-процесами.

На першому кроці вирішення даної задачі експертами в предметній області виділяються основні та допоміжні процеси, а також бізнес-процеси розвитку та управління. Потім ці бізнес-процеси визначаються на різних рівнях деталізації, зазвичай з урахуванням поточної організаційної структури підприємства.

На другому кроці визначаються ключові елементи процесної моделі:

- роботи (дії) бізнес-процесу;
- потік робіт, який фактично представляє собою алгоритм виконання БП;
- об'єкти, з якими оперує бізнес-процес; до таких об'єктів зазвичай відносять комплектуючі, вузли, матеріали, обладнання, а також елементи організаційної структури та виконавці.
- власник процесу, який керує розподілом ресурсів для БП, а також повноваження власника;
- входи та виходи БП, а також відповідні поставальники та клієнти;
- знання щодо умов та обмежень на виконання бізнес-процесу, які зазвичай представляються у формі бізнес-правил.

На третьому кроці вирішення даної задачі зв'язки між процесами зазвичай встановлюються через спільних поставальників/клієнтів. На даному етапі враховується, що бізнес-процеси можуть бути зовнішніми та внутрішніми (в межах організації). В другому випадку зв'язки між процесами встановлюються з урахуванням обмежень, що накладаються організаційною структурою підприємства.

З урахуванням наведених структурних характеристик бізнес-процесу, при першій побудові моделі БП спочатку виділяються бізнес-правила, що обумовлюють причинно-наслідкові зв'язки між діями процесу, роботи (дії) процесу та об'єкти, з якими ці дії оперують. Також задається розподіл відповідальності для власника та виконавців процесу. В подальшому визначається потік робіт. При визначенні послідовності робіт враховуються умови та обмеження, які задаються бізнес-правилами. Оскільки бізнес-правила не завжди враховують неявні знання виконавців, то проводиться уточнення моделі з виявленням темпоральних знань на основі аналізу логів формалізованих і неформалізованих бізнес-процесів.

При уточненні моделі бізнес-процесу з використання отриманих в результаті виконання задачі вилучення знань темпоральних правил ці темпоральні правила порівнюються з бізнес-правилами та відомими обмеженнями, закладеними у потоці робіт. За результатами порівняння виконується уточнення моделі бізнес-процесу або ж дій виконавців. Дії виконавців регламентуються в рамках послідовності робіт або окремих робіт бізнес-процесу.

Розглянуті особливості задач впровадження процесного управління обумовлюють наступні етапи методу автоматизованої побудови прототипу бізнес-процесу з використанням темпоральних знань.

Фаза 1. Вилучення темпоральних знань.

Етап 1. Формування темпоральних залежностей $f_{i,m}^{i,j}$ щодо послідовностей виконання окремих екземплярів бізнес-процесу.

На даному етапі встановлюються темпоральні залежності між парами подій журналу. Для побудови залежностей використовуються мітки, що містять абсолютне значення часу. Залежності використовують відносне значення часу (тобто темпоральну упорядкованість).

Для журналу на першому рівні процесної зрілості належність подій до одного і того ж бізнес-процесу встановлюється за спільним переліком атрибутів подій.

Етап 2. Формування темпоральних правил f_m^j на основі об'єднання залежностей $f_{i,m}^{i,j}$.

На даному етапі однакові залежності з різних екземплярів бізнес-процесу об'єднуються у темпоральне правило. Залежності вважаються еквівалентними, якщо вони характеризуються однаковими векторами атрибутів $\bar{V}_{i,j}$.

Етап 3. Формування підмножин $F^{(\rightarrow)}$ $F^{(\mathbb{E})}$ правил f_m^j , що обумовлюють відповідно послідовне та паралельне (або альтернативне) виконання робіт бізнес-процесу.

На даному етапі використовуються мітки абсолютного часу $t_{i,j}$, що дає можливість порівняти у часі реалізацію правил f_m^j у різних екземплярах бізнес-процесу. У випадку, якщо пара правил f_m^j та f_g^k виконувались у різному порядку в різних екземплярах БП, то вони відносяться до підмножини $F^{(\mathbb{E})}$ паралельних правил. В іншому випадку, якщо для всіх відомих екземплярів БП правила виконувались в одній послідовності, то ці правила належать до $F^{(\rightarrow)}$.

Фаза 2. Побудова моделі бізнес-процесу.

Етап 4. Уточнення журналу подій бізнес-процесу з урахуванням темпоральних правил.

На даному етапі виконується формування або уточнення послідовності подій в журналі.

На першому рівні процесної зрілості виконується формування множини послідовностей подій для відомих екземплярів бізнес-процесу. В результаті

із журналу виду (2) формується журнал виду (1), що містить упорядковані послідовності подій E_i .

На вищих рівнях процесної зрілості в уточненому журналі може бути виділено підмножину послідовностей подій, яка містить нетипові (відсутні в цільовій моделі) темпоральні залежності.

Етап 5. Формування моделі бізнес-процесу, що виконується, методами process mining.

На даному етапі на основі аналізу журналу подій створюється граф послідовностей робіт, що містить імплементовані у виконаних екземплярах бізнес-процесу темпоральні правила.

Результатом методу є прототип бізнес-процесу, що складається із графу потоків робіт та темпоральних правил, які відображають умови та обмеження на виконання дій БП, що фактично були реалізовані при багаторазовому виконанні бізнес-процесу.

Отримана модель розглядається як прототип з тієї причини, що вона не містить формалізованих умов вибору тієї чи іншої послідовності робіт. Для визначення таких каузальних правил потрібно доповнити темпоральні правила інформацією про ті значення змінних $v_{i,j}^{(k)}$, які були умовами вибору відповідних дій.

Розглянемо приклад імплементації запропонованого методу.

Вхідні дані методу містять журнал, кожна подія якого визначається такими ключовими атрибутами: країна; організація; виконавець; роль виконавця; дія процесу; ступінь важливості дії для БП; продукт, що випускає бізнес-процес; поточний стан дії; мітка часу.

Журнал містить інформацію про виконання процесів сервісного обслуговування міжнародної компанії.

Приклад опису події в журналі наведено на рис. 2.

```
<event>
  <string key="org:group" value="V30"/>
  <string key="resource country" value="France"/>
  <string key="organization country" value="fr"/>
  <string key="org:resource" value="Anne Claire"/>
  <string key="organization involved" value="Org line A2"/>
  <string key="org:role" value="A2_4"/>
  <string key="concept:name" value="Queued"/>
  <string key="impact" value="Medium"/>
  <string key="product" value="PROD582"/>
  <string key="lifecycle:transition" value="Awaiting
    Assignment"/>
  <date key="time:timestamp" value="2010-04-
    06T16:45:07+02:00"/>
</event>
```

Рис. 2. Приклад опису події у журналі

Вхідні дані є процесно-орієнтованими і відповідають рівню 2 зрілості процесного управління.

На фазі 1, при виконанні етапу 1 методу формуються темпоральні залежності виду (4) на одній послідовності подій з урахуванням абсолютного значення часу:

$$\langle event"2010-04-06T16:45:07+02:00" \rangle \rightarrow \langle event"2010-04-08T12:52:23+02:00" \rangle \quad (4)$$

При реалізації етапу 2 формуються знання у формі темпоральних правил виду (5).

$$\langle event2741 \rangle \rightarrow \langle event2749 \rangle. \quad (5)$$

Ці правила задають порядок у часі для подій з унікальними $id = 2741$ та $id = 2749$. На відміну від (4), використовується відносний порядок подій. Вказані ідентифікатори визначають подію незалежно від конкретної послідовності E_i . Всі варіанти такої події на різних послідовностях E_i мають однаковий набір значень атрибутів (рис. 2).

Результатом етапу 3 є:

– множина з правил виду (5), які виконуються лише послідовно;

– множина з підмножин правил (5), які виконуються лише паралельно.

Приклад елемента множини паралельних (або альтернативних) правил має вигляд (6).

$$\left\{ \langle event2741 \rangle \rightarrow \langle event2749 \rangle, \langle event2741 \rangle \rightarrow \langle event2751 \rangle \right\}. \quad (6)$$

Згідно (6), після події $\langle event2741 \rangle$ для частини екземплярів БП відбувалася подія $\langle event2749 \rangle$, а для іншої частини – подія $\langle event2751 \rangle$. Така пара правил свідчить про можливість розпаралелювання робіт, або ж про ситуацію вибору однієї із можливих подальших послідовностей робіт.

В подальшому правило (6) може бути використано аналітиком при порівнянні фактичної і апріорної моделі БП. Тобто якщо у апріорно заданій моделі бізнес-процесу одна із альтернатив відсутня, то це свідчить про застосування персональних знань виконавців при реалізації бізнес-процесу.

На фазі 2, у відповідності до задач удосконалення БП, в складі логу залишаються, наприклад, послідовності робіт, які містять набори правил (6).

На етапі 5 формується граф моделі процесу з використанням відомих методів process mining [12].

Порівняння ваг дуг графу із правилами виду (6) дає можливість встановити тип відношень для пари правил: альтернатива або розпаралелювання.

Таким чином, отримані в результаті використання даного методу темпоральні правила дають можливість виявити послідовності дій, які виникли внаслідок застосування персональних знань виконавців та в подальшому врахувати ці знання при удосконаленні процесної моделі.

Висновки

Виконано структурування задач процесного управління з урахуванням необхідності постійного удосконалення бізнес-процесів при підвищенні рівня процесної зрілості. Процесне управління передбачає вирішення задач управління бізнес-процесами та впровадження процесного підходу на підприємстві. Автоматизація задачі впровадження процесного підходу передбачає аналіз журналів подій бізнес-процесу та виявлення знань про темпоральну упорядкованість дій процесу у часі, що потребує формування темпоральних знань.

Запропоновано метод побудови моделі бізнес-процесу, що фактично виконується на підприємстві, з використанням темпоральних знань. Метод містить етапи формування темпоральних правил, що визначають послідовність дій процесу, виділення підмножин правил послідовного та паралельного виконання дій, а також формування графу потоків робіт бізнес-процесу. В практичному плані метод створює умови для постійного удосконалення процесних моделей шляхом виявлення та використання неявних знань виконавців, які відображені у темпоральних правилах.

Список літератури:

- [1] M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, and H. A. Reijers, *Fundamentals of Business Process Management*, 1st ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2018. doi: 10.1007/978-3-662-56509-4.
- [2] A. Gadatsch, "Introduction to Business Process Management," in *Business Process Management*, Springer, Wiesbaden, 2023, ch.1. doi: 10.1007/978-3-658-41584-6_1.
- [3] R. Dijkman, S.V. Lammers, and A. de Jong, "Properties that influence business process management maturity and its effect on organizational performance," *Inf Syst Front*, vol. 18, pp. 717-734, 2016. doi: 10.1007/s10796-015-9554-5.
- [4] S. Chalyi and I. Bogatov, "Technology of automated construction of a business process prototype model based on pre-processing of event logs," *Bulletin of National Technical University KhPI Series System Analysis Control and Information Technologies*, pp. 57-63, 2020. doi: 10.20998/2079-0023.2020.02.10.
- [5] Brocke J., Rosemann M. *Handbook on business process management*. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2015. 709 p.
- [6] O. Kalynychenko, S. Chalyi, Y. Bodyanskiy, V. Golian, and N. Golian, "Implementation of search mechanism for implicit dependences in process mining," in *Proc. 2013 IEEE 7th Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS)*, 2013, doi: 10.1109/IDAACS.2013.6662657.
- [7] Sergii, C., Ihor, L., Aleksandr, P., Ievgen, B. (2018). Causality-based model checking in business process management tasks. 2018 IEEE 9th *International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*. doi: <https://doi.org/10.1109/dessert.2018.8409176>
- [8] Левикін В. М., Чала О.В. Метод підтримки управлінських рішень в умовах невизначеності на основі темпоральних знань. *Біоніка інтелекту*. 2018. № 2(91). С. 54-59.
- [9] Чала О. В. Побудова темпоральних правил для представлення знань в інформаційно-управляючих системах. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Том 2, № 3. С. 54-59. DOI: 10.20998/2522-9052.2018.3.09.
- [10] Chala O. Models of temporal dependencies for a probabilistic knowledge base. *Econtechmod. An International Quarterly Journal*. 2018. Vol. 7, No. 3. P. 53 - 58.
- [11] W. M. P. van der Aalst, *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*, 1st ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. doi: 10.1007/978-3-642-19345-3.
- [12] C. dos Santos Garcia, A. Meinheim, E. R. Faria Junior, M. R. Dallagassa, D. M. V. Sato, D. R. Carvalho, E. A. P. Santos, and E. E. Scalabrin, "Process mining techniques and applications – A systematic mapping study," *Expert Systems with Applications*, vol. 133, pp. 260-295, 2019. doi: 10.1016/j.eswa.2019.05.003.

Надійшла до редколегії 12.09.2023