



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.3.156>

УДК 004.9:005.7

В. В. Зубова,

старший викладач

кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки,

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5310-0932>

ВИКОРИСТАННЯ PROCESS MINING У МОДЕЛЮВАННІ ТА АНАЛІЗІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВА

V. Zubova,

Senior Lecturer of the Department of Economic Cybernetics and Applied

Economics, V. N. Karazin Kharkiv National University,

USING PROCESS MINING IN MODELING AND ANALYZING ENTERPRISE BUSINESS PROCESSES

У статті досліджено сучасні підходи до моделювання та аналізу бізнес-процесів підприємств, зокрема технологію BPMN 2.0 та методологію process mining. Розглянуто особливості інтеграції формалізованих моделей процесів із фактичними даними виконання, а також оцінено можливості оптимізації та цифровізації бізнес-процесів на основі аналітики даних. Проаналізовано сучасні підходи до моделювання бізнес-процесів. Досліджено технологію BPMN 2.0 як

стандарт формалізації бізнес-процесів. Вивчено концепцію та методологію *process mining*. Зокрема, розглянуто ключові етапи: *process discovery*, *conformance checking*, *enhancement*. Проаналізовано інструментальні засоби та алгоритми *process mining*. Досліджено можливості інтеграції BPMN та *process mining*: розроблено методологію перетворення логів подій у формалізовану модель процесу та визначено відхилення між нормативними та фактичними моделями процесів. Охарактеризовано інструментальні засоби аналізу: професійні платформи: *Celonis*, *Disco*, *ProM*. Акцент зроблено на використанні систем бізнес-аналітики для візуалізації та моніторингу процесів. Обґрунтовано інтеграцію з корпоративними ІТ-системами для автоматичного збору даних. Розглянуто використання *Digital Twin* для симуляції сценаріїв. Зазначено поєднання *process mining* із штучним інтелектом для прогнозування процесів. Підкреслено важливість автоматичного оновлення BPMN-моделей у режимі реального часу.

The article explores modern approaches to modeling and analyzing business processes of enterprises, in particular BPMN 2.0 technology and process mining methodology. The features of integrating formalized process models with actual execution data are considered, and the possibilities of optimizing and digitizing business processes based on data analytics are assessed. The purpose of the article is to develop theoretical and methodological principles and applied tools for using process mining in modeling and analyzing business processes of an enterprise based on integrating BPMN technology with modern digital solutions (Digital Twin, AI, BI systems), as well as to substantiate the economic and operational efficiency of implementing an optimized “to-be” process model in the context of digital transformation. The following methods were used in the study: system analysis; process approach; process mining methods (process discovery, conformance checking, enhancement); modeling of business processes in BPMN notation; comparative analysis of “as-is” and “to-be” models; economic analysis of efficiency; methods of data visualization and interpretation; elements of statistical analysis and

forecasting. Modern approaches to business process modeling are analyzed. The BPMN 2.0 technology is studied as a standard for formalizing business processes. The concept and methodology of process mining are studied. In particular, the key stages are considered: process discovery, conformance checking, enhancement. Process mining tools and algorithms are analyzed. The possibilities of integrating BPMN and process mining are investigated: a methodology for converting event logs into a formalized process model is developed and deviations between normative and actual process models are identified. Analysis tools are characterized: professional platforms: Celonis, Disco, ProM. The emphasis is placed on the use of business analytics systems for visualization and monitoring of processes. Integration with corporate IT systems for automatic data collection is justified. The use of Digital Twin for scenario simulation is considered. The combination of process mining with artificial intelligence for process forecasting is indicated. The importance of automatic updating of BPMN models in real time is emphasized. The conclusions show that the use of process mining methodology in combination with BPMN technology provides a qualitatively new level of analysis and management of enterprise business processes. Future research should be aimed at deepening the methodological and applied aspects of integrating process mining with modern digital business process management technologies.

Ключові слова: *технологія BPMN, бізнес-процеси підприємства, process mining у моделюванні, аналіз даних, інтеграція, управлінське рішення, автоматизація процесів.*

Keywords: *BPMN technology, enterprise business processes, process mining in modeling, data analysis, integration, management solution, process automation.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. *Сучасні підприємства функціонують в умовах динамічної ринкової кон'юнктури та високого рівня конкуренції. Це вимагає від них оперативного управління бізнес-процесами.*

Однією з ключових проблем є розрив між формалізованими моделями бізнес-процесів. Дані моделі представлені у вигляді схем BPMN, та їх фактичним виконанням у реальних умовах.

Методологія *process mining* дозволяє заповнити цю прогалину, забезпечуючи аналіз даних подій (event logs) та формування об'єктивних моделей процесів, які відображають фактичну поведінку системи. Це створює можливості для більш точного порівняння нормативних та реальних моделей, оптимізації процесів та підвищення продуктивності підприємства. Наукове значення проблеми полягає у розвитку теорії моделювання та аналізу бізнес-процесів на основі інтеграції BPMN та data-driven технологій [1]. Практичне значення полягає у можливості підвищення ефективності управління підприємством, скорочення витрат та часу виконання процесів, а також впровадження цифрових рішень для безперервного контролю та оптимізації діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій літературі значна увага приділяється проблемам моделювання, аналізу та оптимізації бізнес-процесів із використанням цифрових технологій. Зокрема, J. Brock, K. Brenning, B. Löhr, C. Bartelheimer, S.von Enzberg, R. Dumitrescu [2, с.585] розробили модель зрілості процесу використання process mining в організаціях та визначено дії для підвищення готовності BPM. P. Fettke, C. Di Francescomarino [3, с. 67] здійснили огляд сучасних напрямів BPM, включно з моделюванням, аналізом, впровадженням та ІІІ-технологіями для BPM. A. M. A. Kermani, M. H. R. Seddighi, M. Maghsoudi [4] здійснили новий підхід до інтеграції LLM (ChatGPT) у процес майнінгу для покращення аналітики та користувацького досвіду. A. N. Eldin, B. Dalmas, W. Gaaloul [5] розробили алгоритм удосконалення автоматичного відкриття процесу з підтримкою складних циклів у BPMN-діаграмах. C. Lauer, P. Pfeiffer, A. Rombach, N. Mehdiyev [6] оцінили здатність LLM генерувати якісні BPMN-моделі. A. R. Teixeira, J. V. Ferreira, A. L. Ramos [7] здійснили аналіз оптимізації бізнес-процесів із використанням BPM-методологій та даних. H. Taherdoost,

М. Madanchian [8] здійснили порівняльний аналіз підходів до моделювання BPM із урахуванням технології Blockchain.

Л. Тао [9, с.97] досліджував візуальне представлення BPMN у VR-середовищі для покращення розуміння процесів. М. Підвальный, Р. Русин Гриник [10] обґрунтували структурне моделювання BPM-систем з використанням машинного навчання для підвищення адаптивності. А. М. Копп, Д. Л. Орловський, І. П. Гамаюн, І. В. Сапожников [11, с. 46] займалися розробкою ML-методів виявлення структурних помилок у BPMN-моделях. Шульга О. А. [12] вивчала підхід автоматичної генерації BPMN-діаграм на основі природної мови. Л. Мазник, П. Ятченко [13] обґрунтували методології автоматизації BPMN-процесів на основі моделей BPMN та BPM-засобів.

Тож попри успіхи у вивченні BPMN та *process mining* окремо, існує незаповнена прогалина — розробка методології інтегрованого застосування цих технологій для аналізу, контролю та оптимізації бізнес-процесів.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є дослідження та обґрунтування методології інтегрованого використання технології *process mining* та стандарту BPMN 2.0 для моделювання, аналізу та оптимізації бізнес-процесів підприємств. Стаття спрямована на визначення можливостей підвищення ефективності управління процесами шляхом порівняння нормативних моделей BPMN із фактичними даними виконання, виявлення вузьких місць, відхилень та потенційних шляхів цифрової трансформації бізнес-процесів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних умовах цифрової трансформації підприємств особливого значення набуває ефективне управління бізнес-процесами, адже швидкість прийняття рішень, точність виконання операцій та здатність адаптуватися до змін ринку стають ключовими факторами конкурентоспроможності [3, с.67]. Традиційні методи моделювання та аналізу процесів, що базуються на експертних оцінках і статичних схемах, часто не відображають реального виконання операцій і не

дозволяють вчасно виявляти вузькі місця, дублювання операцій або відхилення від нормативних процедур.

Технологія *process mining* пропонує data-driven підхід, що дозволяє на основі логів подій (event logs) отримувати об'єктивну картину фактичного виконання процесів, виявляти відхилення від нормативних моделей та оцінювати ефективність операцій. Інтеграція *process mining* із BPMN 2.0, який є стандартом формалізованого опису бізнес-процесів, створює нові можливості для цифровізації, автоматизації та оптимізації діяльності підприємств [14, с. 340].

Дослідження методів інтегрованого використання BPMN та *process mining* є актуальним як з наукового погляду — для розвитку методології аналізу бізнес-процесів, так і з практичної — для підвищення ефективності управління підприємством у сучасних цифрових умовах. Одним із ключових викликів сучасного управління бізнес-процесами є наявність розриву між формалізованими моделями процесів і їх фактичним виконанням. Традиційні методи аналізу, що базуються на експертних оцінках, опитуваннях та статичних схемах BPMN, часто не дозволяють точно відображати реальні процеси, що призводить до упущень у виявленні вузьких місць, дублювань операцій та відхилень від нормативних процедур [15].

Методологія *process mining* дозволяє усунути цю прогалину, поєднуючи формалізовані моделі процесів, такі як BPMN 2.0, із даними фактичного виконання процесів, що містяться у логах подій (event logs) корпоративних систем (ERP, CRM, BPMS). Вона забезпечує системний та об'єктивний аналіз, який включає відкриття реальної моделі процесу (*process discovery*), порівняння з нормативними моделями (*conformance checking*) та оптимізацію процесів (*enhancement*) [16].

Застосування *process mining* у дослідженні бізнес-процесів дозволяє не лише відобразити фактичний стан процесів, але й визначити відхилення від планових схем, оцінити ефективність операцій і розробити рекомендації для цифрової трансформації підприємства [6]. Методологія *process mining* є

універсальним інструментом, що дозволяє поєднати аналітичний підхід із практичною реалізацією змін у бізнес-процесах, забезпечуючи підвищення прозорості, адаптивності та ефективності управління. Технологія *process mining* пропонує data-driven підхід, який забезпечує об'єктивний аналіз фактичних даних виконання процесів на основі логів подій (event logs) з інформаційних систем підприємства [4]. Вона дозволяє автоматично відтворювати реальні моделі процесів (*process discovery*), порівнювати їх із нормативними моделями (*conformance checking*) та ідентифікувати проблемні ділянки для оптимізації (*enhancement*).

Застосування *process mining* забезпечує кілька ключових переваг для управління бізнес-процесами:

1. Об'єктивність аналізу — дані логів подій відображають реальну поведінку системи без суб'єктивності експертних оцінок.
2. Виявлення вузьких місць та відхилень — дозволяє ідентифікувати затримки, повторні дії, порушення стандартів і невідповідності між нормативною та фактичною моделлю [17, с. 4869].
3. Підвищення ефективності управління — висновки аналізу слугують підґрунтям для ухвалення рішень стосовно оптимізації процесів.
4. Підтримка цифрової трансформації — інтеграція з BPMN та сучасними ІТ-системами створює умови для безперервного моніторингу та адаптації бізнес-процесів у реальному часі [7].

Process mining виступає критично важливим інструментом для підвищення прозорості та ефективності управління підприємством, забезпечуючи надійну основу для стратегічного та оперативного прийняття рішень у сучасному цифровому середовищі. *Process mining* — це технологія аналізу бізнес-процесів на основі даних фактичного виконання операцій, що дозволяє поєднати data-driven підхід із формалізованими моделями процесів, такими як BPMN. Основна мета *process mining* полягає у відтворенні реальної поведінки процесів, виявленні відхилень від нормативних моделей та підвищенні ефективності управління підприємством [18, с. 1].

Концепція process mining передбачає кілька ключових етапів (Рис. 1):



Рис. 1. Концепція та етапи process mining

Джерело: систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [8; 19].

У сучасних умовах цифрової трансформації підприємств інтеграція формалізованого моделювання бізнес-процесів із аналітикою фактичних даних стає стратегічною необхідністю. Стандарт BPMN 2.0 забезпечує уніфіковане графічне представлення бізнес-процесів, що дозволяє формалізувати структуру операцій, ролі виконавців та логіку прийняття рішень. Водночас BPMN-моделі здебільшого відображають нормативне або заплановане виконання процесів, що не завжди відповідає реальній практиці функціонування підприємства [20, с. 369].

Технологія *process mining* доповнює цей підхід, надаючи можливість аналізувати дані фактичного виконання процесів на основі логів подій (event logs) інформаційних систем. Її інтеграція з BPMN дозволяє зіставити

нормативні моделі з реальними сценаріями виконання, виявити відхилення, вузькі місця та неефективні маршрути, що безпосередньо впливають на продуктивність підприємства [21].

Інтеграція технології *process mining* із стандартом BPMN 2.0 дає змогу поєднати формалізоване моделювання бізнес-процесів із аналізом їх фактичного виконання. Це забезпечує більш об'єктивне оцінювання ефективності підприємства. Цей підхід дозволяє перевіряти відповідність моделей реальним даним, що містяться у логах подій (*event logs*) корпоративних систем.

Ключові кроки інтеграції включають (рис. 2):



Рис. 2. Інтеграція BPMN та process mining

Джерело: систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [16; 22, с. 1319].

Ефективне впровадження методології *process mining* у практику управління бізнес-процесами підприємства потребує використання спеціалізованих програмних платформ, аналітичних інструментів та інтеграційних механізмів із корпоративними інформаційними системами. Інструментальне забезпечення виступає критично важливою складовою,

оскільки саме воно забезпечує автоматизацію збору, обробки, аналізу та візуалізації даних виконання процесів [18, с. 1].

1. Спеціалізовані платформи *process mining*

До найбільш поширених інструментів належать:

- Celonis — комерційна платформа, яка передбачає інтеграцію з ERP-системами та підтримку безперервного моніторингу процесів у реальному часі.

- Disco — інструмент із інтуїтивним інтерфейсом, орієнтований на швидке завантаження та аналіз логів подій, з акцентом на візуалізацію процесів і часових характеристик [20, с. 369].

- ProM — містить широкий набір алгоритмів для process discovery, conformance checking та розширеного аналізу процесів.

Використання зазначених платформ дозволяє автоматизувати побудову фактичних моделей процесів, здійснювати їх порівняння з BPMN-схемами та формувати аналітичні звіти для прийняття управлінських рішень.

2. Використання BI-систем для візуалізації результатів.

Результати аналізу, отримані за допомогою process mining, доцільно інтегрувати з BI-системами для розширеної візуалізації та стратегічного аналізу. Зокрема [23, с. 3]:

- Microsoft Power BI — відображають ключові показники ефективності процесів (KPI).

- Tableau — дозволяє формувати аналітичні звіти та інтерактивні графічні представлення результатів process mining.

Інтеграція з BI-платформами сприяє підвищенню прозорості управління. Така інтеграція надає керівництву можливість оперативно оцінювати стан бізнес-процесів та приймати обґрунтовані рішення.

3. Інтеграція з корпоративними IT-системами підприємства.

Ключовою умовою ефективності process mining є його інтеграція з інформаційними системами підприємства, які виступають джерелами логів подій. До таких систем належать [24]:

- ERP-системи (планування ресурсів підприємства);
- CRM-системи (управління взаємовідносинами з клієнтами);
- системи електронного документообігу;
- BPMS-платформи управління процесами.

Інструментальні засоби реалізації *process mining* формують комплексну технологічну екосистему, що поєднує спеціалізовані платформи аналізу процесів, BI-системи візуалізації та корпоративні IT-рішення. Їх інтеграція створює передумови для підвищення ефективності управління бізнес-процесами та підтримки цифрової трансформації підприємства. Інтеграція технології *process mining* із стандартом BPMN 2.0 дозволяє поєднати формалізоване описання бізнес-процесів із даними фактичного виконання, що створює підґрунтя для більш об'єктивного та ефективного управління підприємством [25, с. 303]. Практична модель аналізу бізнес-процесів на основі цього підходу передбачає кілька ключових етапів:

1. Формалізація нормативної моделі процесу у BPMN [24].

- На першому етапі створюється діаграма BPMN «as-is» відображає регламентовані послідовності операцій.

- Така модель слугує базовим еталоном для порівняння з фактичним виконанням процесів.

2. Збір та підготовка даних виконання процесу (event logs).

- Використовуються дані з ERP, CRM, BPMS та інших корпоративних систем.

- Логи подій дозволяють ідентифікувати кожну операцію.

- Забезпечується валідація та очищення даних для точності подальшого аналізу.

3. Відкриття фактичної моделі процесу (process discovery).

- На основі логів подій автоматично відтворюється фактична модель процесу, що демонструє реальну послідовність операцій та альтернативні маршрути виконання [17, с. 4869].

- Результат може бути відображений у вигляді BPMN-діаграми.

4. Порівняння нормативної та фактичної моделей (conformance checking).

- Аналізується відповідність виконання процесу встановленим регламентам.

- Виявляються відхилення, вузькі місця, які впливають на ефективність.

5. Оптимізація процесу та розробка моделі «to-be» (enhancement).

- На основі отриманих результатів створюється оптимізована модель процесу з рекомендаціями.

- Інтеграція з BPMN дозволяє відобразити ці зміни у стандартизованому вигляді для подальшого впровадження.

6. Постійний моніторинг та цифровий контроль.

- Модель дозволяє організувати безперервний моніторинг бізнес-процесів у реальному часі.

- Використання *process mining* створює умови для динамічного оновлення моделей та прогнозування наслідків змін у процесах.

Модель «as-is» за допомогою BPMN та process mining подано на рис. 3.

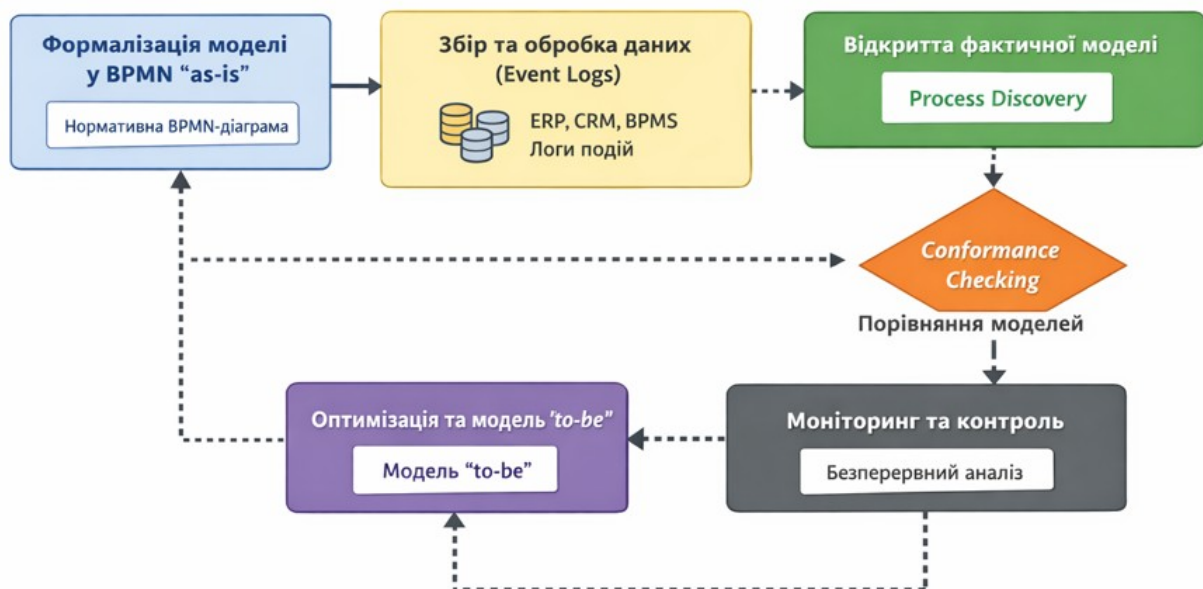


Рис. 3. Модель «as-is» за допомогою BPMN та process mining

Джерело: сформовано на основі [1; 3].

У галузі виробництва та логістики ділові процеси вирізняються значною заплутаністю та плинністю. Така заплутаність постає через багато

чинників, як-от складні зразки виробів, залучення багатьох сторін та поява непередбачених обставин. Тому покращення дієвості бізнес-процесів є життєво важливим. Рис. 4 ілюструє типовий робочий процес інтелектуального аналізу даних у логістичних процесах.

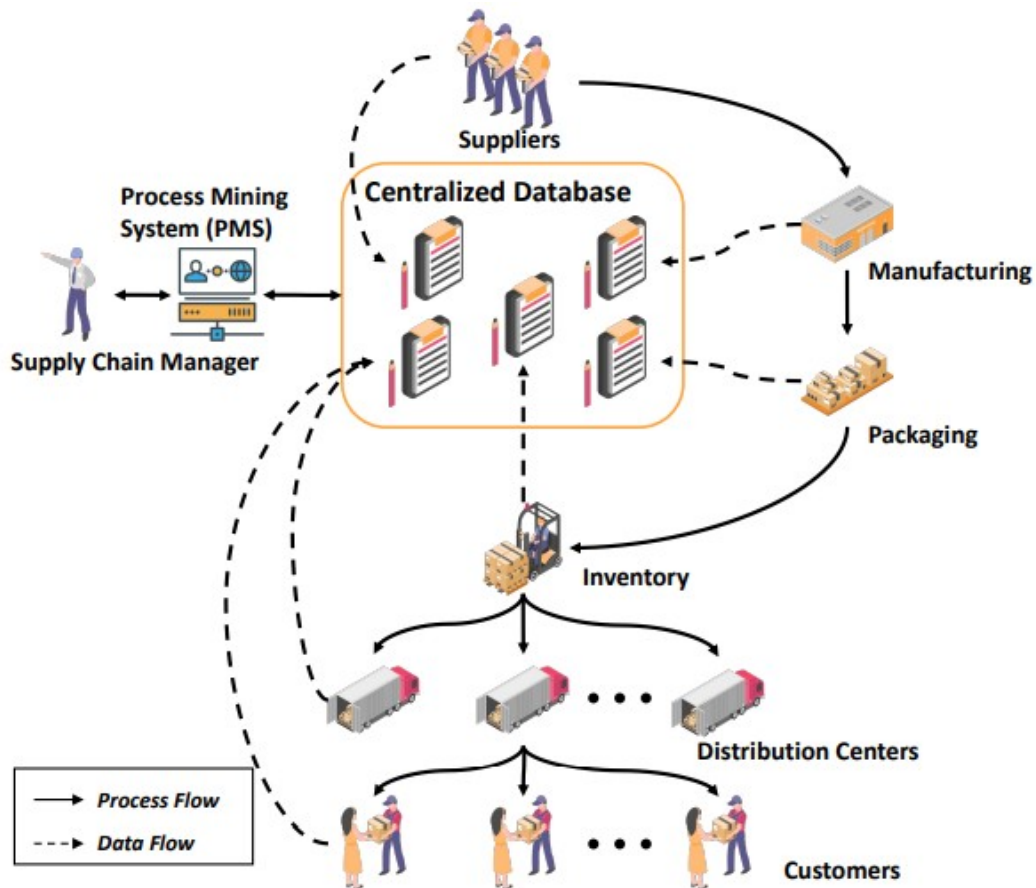


Рис. 4. Process mining у логістиці

Джерело: [26].

Інтелектуальний аналіз процесів представляє перспективний підхід для отримання розуміння існуючих бізнес-процесів та використовувався в різних дослідженнях як частина комплексних досліджень у виробничому та логістичному секторах. Наприклад, він використовувався як фундаментальний елемент для прийняття рішень в управлінні бізнес-процесами [24].

Таким чином, інтеграція BPMN та *process mining* забезпечує поєднання формалізованого планування процесів із даними їх фактичного виконання, що дозволяє:

- підвищити прозорість та об'єктивність управління;
- виявляти вузькі місця та відхилення;
- оптимізувати процеси та підвищувати ефективність ресурсів;
- підтримувати цифрову трансформацію підприємства.

Сучасна цифрова трансформація бізнес-процесів активно інтегрує концепції Digital Twin та штучного інтелекту (AI). Digital Twin — це віртуальна копія реального процесу або об'єкта. Інтеграція AI відкриває можливості прогнозування та автоматизації процесів. На основі таких прогнозів система може автоматично пропонувати оптимальні маршрути виконання процесу, перенаправляти завдання між ресурсами або ініціювати автоматичні дії для запобігання помилкам [25, с. 303].

Поєднання Digital Twin та AI дозволяє:

1. Підвищити точність прогнозів завдяки моделюванню реальних процесів у віртуальному середовищі.
2. Зменшити ризики та втрати через оцінку сценаріїв «what-if».
3. Автоматизувати повторювані та рутинні операції, підвищуючи ефективність роботи персоналу.
4. Стимулювати безперервне вдосконалення процесів.

Застосування Digital Twin та AI у поєднанні з BPMN та process mining формує інтелектуальну платформу управління бізнес-процесами. Це дозволяє прогнозувати, аналізувати та автоматизувати процеси, підвищує їх ефективність та адаптивність до змін зовнішнього середовища. Автоматичне оновлення BPMN-моделей у режимі реального часу є одним із ключових напрямів розвитку інтеграції process mining, BPMN та інтелектуальних цифрових платформ управління бізнес-процесами. Йдеться про створення динамічної моделі процесу, яка синхронізується з фактичним перебігом операцій на основі потоків подій (event logs) з ERP, CRM, WMS та інших корпоративних систем [15].

У традиційному підході BPMN-модель формується аналітиком вручну та відображає нормативний або проєктний стан процесу. Проте в умовах

цифрової трансформації процеси змінюються швидко: з'являються нові маршрути виконання, варіації, винятки, затримки. Process mining дозволяє автоматично виявляти ці зміни, порівнювати їх із нормативною моделлю (conformance checking) і ініціювати коригування BPMN-схеми без ручного втручання [8].

Механізм автоматичного оновлення включає такі етапи:

1. Безперервний збір event logs з інформаційних систем підприємства.
2. Аналіз потоків подій у режимі near real-time з використанням алгоритмів process discovery.
3. Виявлення відхилень між фактичним і нормативним сценарієм виконання процесу.
4. Генерація або модифікація BPMN-моделі відповідно до виявлених змін.
5. Візуальне оновлення цифрового двійника процесу (Digital Twin).

Технологічно така функціональність реалізується у сучасних платформах process mining, зокрема в: Celonis, Disco, ProM. Ці системи забезпечують автоматичне оновлення моделей, інтеграцію з корпоративними ІТ-архітектурами та підтримку API для синхронізації з BPMN-редакторами. У контексті логістичного процесу це означає, що при зміні маршруту доставки, появі нового складу або зміні послідовності операцій (наприклад, додаткової перевірки якості) відповідні зміни автоматично відображаються в BPMN-схемі [3, с. 67]. Керівництво отримує актуальну картину процесу, а не статичну модель, що втратила релевантність.

Переваги такого підходу:

- підвищення прозорості управління процесами;
- скорочення часу реакції на відхилення;
- мінімізація людського фактора в моделюванні;
- підтримка концепції data-driven management;
- можливість прогнозного управління у поєднанні з AI.

Таким чином, автоматичне оновлення BPMN-моделей у реальному часі трансформує їх із статичного інструменту документування у динамічний механізм оперативного управління бізнес-процесами, що відповідає сучасним вимогам цифрової економіки.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Таким чином, застосування методології process mining у поєднанні з технологією BPMN забезпечує якісно новий рівень аналізу та управління бізнес-процесами підприємства. Використання журналів подій (event logs) з корпоративних інформаційних систем дозволяє отримати об'єктивну, фактичну картину виконання процесів, виявити приховані варіації, повторні операції, циклічність та вузькі місця, які не фіксуються в нормативних регламентах.

Установлено, що впровадження оптимізованої моделі «to-be» дозволяє досягти економічного ефекту за рахунок зменшення операційних витрат, скорочення простоїв та раціоналізації використання ресурсів, а також операційного ефекту у вигляді підвищення прозорості, керованості та передбачуваності процесів.

На прикладі логістичного процесу підтверджено, що цифровізація операцій, автоматизація документообігу, оптимізація маршрутів із використанням алгоритмів штучного інтелекту та впровадження концепції Digital Twin сприяють скороченню тривалості циклу виконання процесу, зниженню витрат і підвищенню рівня сервісу.

Поєднання BPMN, process mining, BI-інструментів, Digital Twin та AI формує інтегровану цифрову екосистему управління, яка орієнтована на data-driven підхід. Такий підхід забезпечує прогнозування поведінки процесів, оперативне реагування на відхилення та підтримку стратегічних управлінських рішень в умовах цифрової трансформації підприємств.

Література

1. Badakhshan P., Wurm B., Grisold T., Geyer-Klingenberg J., Mendling J., vom Brocke J. Creating business value with process mining. *The Journal of Strategic Information Systems*. 2022. Volume 31, Issue 4. 101745. ISSN 0963-8687. URL:<https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101745> (дата звернення: 15.02.2026).
2. Brock J., Brenning K., Löhr B., Bartelheimer C., von Enzberg S., Dumitrescu R. *Improving Process Mining Maturity – From Intentions to Actions. Business & Information Systems Engineering*. 2024. Volume 66. pp. 585–605. URL:<https://doi.org/10.1007/s12599-024-00882-7>(дата звернення: 15.02.2026).
3. Fettke P., Di Francescomarino C. *Business Process Management and Artificial Intelligence: Literature Survey and Future Research. KI — Künstliche Intelligenz*. 2025. Volume 39. pp. 67–79. URL:<https://doi.org/10.1007/s13218-025-00891-y> (дата звернення: 15.02.2026).
4. Kermani A. M. A., Seddighi M.H.R., Maghsoudi M. *Revolutionizing Process Mining: A Novel Architecture for ChatGPT Integration and Enhanced User Experience. arXiv*. 2024. URL:<https://arxiv.org/abs/2405.10689> (дата звернення: 15.02.2026).
5. Eldin N.A., Dalmas B., Gaaloul W. *A Novel Approach to Process Discovery with Enhanced Loop Handling. arXiv*. 2024. URL:<https://arxiv.org/abs/2412.06653> (дата звернення: 15.02.2026).
6. Lauer C., Pfeiffer P., Rombach A., Mehdiyev N. *Assessing the Business Process Modeling Competences of Large Language Models. arXiv*. 2026. URL:<https://arxiv.org/abs/2601.21787> (дата звернення: 15.02.2026).
7. Teixeira A. R., Ferreira J. V., Ramos, A. L. Optimization of Business Processes Through BPM Methodology: A Case Study on Data Analysis and Performance Improvement. *Information*, 2024. Volume 15(11). 724. URL:<https://doi.org/10.3390/info15110724> (дата звернення: 15.02.2026).
8. Taherdoost H., Madanchian, M. Blockchain and Business Process Management (BPM) Synergy: A Comparative Analysis of Modeling Approaches. *Information*. 2024. Volume 15(1). Issue 9. URL:<https://doi.org/10.3390/info15010009> (дата звернення: 15.02.2026).

9. Тао Л. Оцінка ефективності моделювання VR у формуванні бізнес-процесу. *Управління розвитком складних систем*. 2023. №56. С. 97–104. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.97-104>.

10. Підвальний М., Русин-Гриник Р. Структурне моделювання системи управління бізнес-процесами на основі рефлексивного підходу. *Journal of Innovations and Sustainability*. 2024. Vol. 8. No.1. 11. URL:<https://doi.org/10.51599/is.2024.08.01.11> (дата звернення: 15.02.2026).

11. Kopp A. M., Orlovskyi D. L., Gamayun I. P., Sapozhnykov I. V. *Software development and research for ML-based structural errors detection in BPMN models*. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. 2024. № 2 (12). С. 46-55. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/85701>(дата звернення: 15.02.2026).

12. Шульга О. А. Методичні підходи до аналізу бізнес-процесів підприємства. *Економіка та суспільство*. 2025. Випуск 79. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-148>.

13. Мазник Л., Ятченко П. Створення основи для автоматизації бізнес-процесів: методологічний підхід. *Економіка та суспільство*. 2025. Випуск 72. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-85> (дата звернення: 15.02.2026).

14. Gabryelczyk R., Sipior J.C., Biernikowicz A. Motivations to Adopt BPM in View of Digital Transformation. *Information Systems Management*. 2022. Vol.41. pp. 340–356. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10580530.2022.2163324>(дата звернення: 15.02.2026).

15. Scheruhn H.J., Reiter C., Bayramli E. From Process Mining to Enterprise Mining. In: Marx Gómez, J., Elikana Sam, A., Godfrey Nyambo, D. (eds) *Artificial Intelligence Tools and Applications in Embedded and Mobile Systems*. ICTA-EMOS 2022. Progress in IS. Springer, Cham. 2024. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-56576-2_17 (дата звернення: 15.02.2026).

16. Effendi Y.A., Kim M. Reliable Process Tracking Under Incomplete Event Logs Using Timed Genetic-Inductive Process

Mining. *Systems*. 2025. Volume 13, Issue 229. URL: <https://www.mdpi.com/2079-8954/13/4/229> (дата звернення: 15.02.2026).

17. Lorenz R., Senoner J., Sihn W., Netland T. Using Process Mining to Improve Productivity in Make-to-Stock Manufacturing. *International Journal of Production Research*. 2021. Volume 59. pp. 4869–4880. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2021.1906460> (дата звернення: 15.02.2026).

18. Jacobi C., Meier M., Herborn L., Furmans K. Maturity Model for Applying Process Mining in Supply Chains: Literature Overview and Practical Implications. *Logistics Journal: Proceedings*. 2020. Volume 16. pp. 1–16. URL: <https://proc.logistics-journal.de/article/view/978/954> (дата звернення: 15.02.2026).

19. Napieraj A., Pyzik N. Analysis of a Logistics Process Based on the Event Log. *Applied Sciences*. 2025. Volume 15. Issue 16. 8968. URL: <https://doi.org/10.3390/app15168968> (дата звернення: 15.02.2026).

20. Grisold T., Mendling J., Otto M., vom Brocke J. Adoption, use and management of process mining in practice. *Business Process Management Journal*. 2021. Volume 27. Issue 2. pp.369–387. URL: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2020-0112> (дата звернення: 15.02.2026).

21. van der Aalst W. M.P., Reijers H. A., Maruster L. Process mining beyond workflows. *Computers in Industry*. 2024. Volume 161. 104126, ISSN 0166-3615. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104126> (дата звернення: 15.02.2026).

22. Alzhrani F., Saeedi K., Zhao L., A process-aware framework to support Process Mining from blockchain applications. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 2024. Volume 36. Issue 2. 101956. ISSN 1319-1578. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.101956.3> (дата звернення: 15.02.2026).

23. Reinkemeyer L. Process mining in a nutshell. *Process Mining in Action: Principles, Use Cases and Outlook*. Springer International Publishing, Cham. 2020. pp. 3-10. DOI:10.1007/978-3-030-40172-6.

24. Eulerich M., Huang Q., Pawlowski J., Vasarhelyi M. A. Using process mining as an assurance tool in the three-lines-model. *International Journal of Accounting Information Systems*. 2025. Volume 56. 100731. ISSN 1467-0895. URL: <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2025.100731> (дата звернення: 15.02.2026).

25. Ivković V., Luković I. An approach to validation of business-oriented smart contracts based on process mining. European Conference on Advances in Databases and Information Systems. New Trends in Database and Information Systems. Communications in Computer and Information Science. 2021. pp. 303-309. DOI:10.1007/978-3-030-85082-1_27.

26. Yang Y., Wu Zh., Chu Y., Chen Zh., Xu† Z., Wen Q. Intelligent Cross-Organizational Process Mining: A Survey and New Perspectives. *Journal of latex class files*. 2021. Vol. 14. No. 8. URL: <https://arxiv.org/pdf/2407.11280> (дата звернення: 15.02.2026).

References

1. Badakhshan, P., Wurm, B., Grisold, T., Geyer-Klingenberg J., Mendling J. and vom Brocke J. (2022), “Creating business value with process mining”, *The Journal of Strategic Information Systems*, Vol. 31, Issue 4, 101745, ISSN 0963-8687. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101745>.

2. Brock, J., Brennig, K., Löhr, B., Bartelheimer, C., von Enzberg, S. and Dumitrescu, R. (2024), “Improving Process Mining Maturity – From Intentions to Actions”, *Business & Information Systems Engineering*, Vol. 66, pp. 585–605. <https://doi.org/10.1007/s12599-024-00882-7>.

3. Fettke, P. and Di Francescomarino, C. (2025), “Business Process Management and Artificial Intelligence: Literature Survey and Future Research”, *KI — Künstliche Intelligenz*, Vol. 39, pp. 67–79. <https://doi.org/10.1007/s13218-025-00891-y>.

4. Kermani, A. M. A., Seddighi, M.H.R. and Maghsoudi, M. (2024), “Revolutionizing Process Mining: A Novel Architecture for ChatGPT Integration and Enhanced User Experience”, *arXiv*, available at: <https://arxiv.org/abs/2405.10689> (Accessed 15 February 2026).

5. Eldin, N.A., Dalmas, B. and Gaaloul, W. (2024), “*A Novel Approach to Process Discovery with Enhanced Loop Handling*”, *arXiv*, available at: <https://arxiv.org/abs/2412.06653> (Accessed 15 February 2026).
6. Lauer, C., Pfeiffer, P., Rombach, A. and Mehdiyev, N. (2026), “*Assessing the Business Process Modeling Competences of Large Language Models*”, *arXiv*, available at: <https://arxiv.org/abs/2601.21787> (Accessed 15 February 2026).
7. Teixeira, A. R., Ferreira, J. V. and Ramos, A. L. (2024), “Optimization of Business Processes Through BPM Methodology: A Case Study on Data Analysis and Performance Improvement”, *Information*, Vol. 15(11), 724, available at: <https://doi.org/10.3390/info15110724>.
8. Taherdoost H. and Madanchian, M. (2024), “Blockchain and Business Process Management (BPM) Synergy: A Comparative Analysis of Modeling Approaches”, *Information*, Vol. 15(1), Issue 9, available at: <https://doi.org/10.3390/info15010009>.
9. Tao, L. (2023), “Evaluating the effectiveness of VR modeling in shaping the business process”, *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, Vol. 56, pp. 97–104, DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.97-104>.
10. Pidvalnyi, M. and Rusyn-Hrynyk, R. (2024), “Structural modeling of a business process management system based on a reflective approach”, *Journal of Innovations and Sustainability*, Vol. 8, No. 1. 11. <https://doi.org/10.51599/is.2024.08.01.11>.
11. Kopp, A. M., Orlovskiy, D. L., Gamayun, I. P. and Sapozhnykov, I. V. (2024), “Software development and research for ML based structural errors detection in BPMN models”, *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*, Vol. 2 (12), pp. 46-55, available at: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/85701>(Accessed 15 February 2026).
12. Shulha, O. A. (2025), “Methodological approaches to analyzing enterprise business processes”, *Ekonomika ta suspilstvo*, Vol. 79. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-148>.

13. Maznyk, L. and Yatchenko, P. (2025), “Creating a foundation for business process automation: a methodological approach”, *Ekonomika ta suspilstvo*, Vol. 72. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-85>.

14. Gabryelczyk, R., Sipior, J.C. and Biernikowicz, A. (2022), “Motivations to Adopt BPM in View of Digital Transformation”, *Information Systems Management*, Vol. 41, pp. 340–356, available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10580530.2022.2163324> (Accessed 15 February 2026).

15. Scheruhn, H.J., Reiter, C. and Bayramli, E. From Process Mining to Enterprise Mining. In: Marx Gómez, J., Elikana Sam, A., Godfrey Nyambo, D. (eds) (2024), “Artificial Intelligence Tools and Applications in Embedded and Mobile Systems”, ICTA-EMOS 2022, Progress in IS. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56576-2_17.

16. Effendi, Y.A. and Kim, M. (2025), “Reliable Process Tracking Under Incomplete Event Logs Using Timed Genetic-Inductive Process Mining”, *Systems*, Vol. 13, Issue 229, available at: <https://www.mdpi.com/2079-8954/13/4/229> (Accessed 15 February 2026).

17. Lorenz, R., Senoner, J., Sihm, W. and Netland, T. (2021), “Using Process Mining to Improve Productivity in Make-to-Stock Manufacturing”, *International Journal of Production Research*, Vol. 59. pp. 4869–4880, available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2021.1906460> (Accessed 15 February 2026).

18. Jacobi, C., Meier, M., Herborn, L. and Furmans, K. (2020), “Maturity Model for Applying Process Mining in Supply Chains: Literature Overview and Practical Implications”, *Logistics Journal: Proceedings*, Vol. 16, pp. 1–16, available at: <https://proc.logistics-journal.de/article/view/978/954> (Accessed 15 February 2026).

19. Napieraj, A. and Pyzik, N. (2025), “Analysis of a Logistics Process Based on the Event Log”, *Applied Sciences*, Vol. 15, Issue 16, 8968. <https://doi.org/10.3390/app15168968>.

20. Grisold, T., Mendling, J., Otto, M. and vom Brocke, J. (2021), “Adoption, use and management of process mining in practice”, *Business Process*

Management Journal, Vol. 27, Issue 2, pp.369–387.
<https://doi.org/10.1108%2FBPMJ-03-2020-0112>.

21. van der Aalst, W. M.P., Reijers, H. A. and Maruster, L. (2024), “Process mining beyond workflows”, *Computers in Industry*, Vol. 161, 104126, ISSN 0166-3615. available at: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104126>.

22. Alzhrani, F., Saeedi, K. and Zhao, L., (2024), “A process-aware framework to support Process Mining from blockchain applications”, *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Vol. 36, Issue 2, 101956. ISSN 1319-1578. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.101956.3>.

23. Reinkemeyer, L. (2020), “Process mining in a nutshell. Process Mining in Action: Principles, Use Cases and Outlook”, *Springer International Publishing*, Cham, pp. 3-10. DOI:10.1007/978-3-030-40172-6.

24. Eulerich, M., Huang, Q., Pawlowski, J. and Vasarhelyi, M. A. (2025), “Using process mining as an assurance tool in the three-lines-model”, *International Journal of Accounting Information Systems*, Vol. 56, 100731, ISSN 1467-0895. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2025.100731>.

25. Ivković, V. and Luković, I. (2021), “An approach to validation of business-oriented smart contracts based on process mining. European Conference on Advances in Databases and Information Systems. New Trends in Database and Information Systems”, *Communications in Computer and Information Science*, pp. 303-309. DOI:10.1007/978-3-030-85082-1_27.

26. Yang, Y., Wu, Zh., Chu, Y., Chen, Zh., Xu†, Z. and Wen, Q. (2021), “Intelligent Cross-Organizational Process Mining: A Survey and New Perspectives”, *Journal of latex class files*, Vol. 14, No. 8, available at: <https://arxiv.org/pdf/2407.11280> (Accessed 15 February 2026).

Отримано редакцією журналу / Received: 18.02.26

Прорецензовано / Revised: 24.02.26

Схвалено до друку / Accepted: 20.03.26