

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди (Україна),
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет» (Україна),
Вірменський державний педагогічний університет імені Х. Абовяна (Вірменія),
Батумський державний університет імені Шота Руставелі (Грузія),
Телавський державний університет імені Якоба Гогобашвілі (Грузія),
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка (Україна),
Куявсько-Поморська Вища Школа в Бидгощі (Польща)

МЕТОДОЛОГІЯ СУЧАСНИХ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
учасників Ювілейної XX Міжнародної
науково-практичної конференції
(22–23 лютого 2024 р., м. Харків)

Харків
2023

УДК [37:001]«20»

Затверджено редакційно-видавничою радою Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (протокол № __ від _____ р.)

Методологія сучасних наукових досліджень : збірник наукових праць учасників Ювілейної XX Міжнародної науково-практичної конференції (22–23 лютого 2024 р., м. Харків) / за заг. ред. К. Юр'євої. — Харків : ХНПУ імені Г.С. Сковороди, 2024. — 534 с.

Мови видання: українська, англійська, вірменська, грузинська.

У збірнику представлено результати актуальних наукових досліджень науковців, викладачів, учителів, вихователів, докторантів, аспірантів – учасників Ювілейної XX Міжнародної науково-практичної конференції «Методологія сучасних наукових досліджень» (Харків, 22–23 лютого 2024 р.) з України, Австрії, Бразилії, Вірменії, Грузії, Китайської Народної Республіки, Колумбії Польщі, Словаччини.

Для наукових працівників, викладачів закладів вищої освіти, учителів, вихователів, здобувачів вищої освіти. Може використовуватись у навчальному процесі на всіх рівнях вищої освіти.

Усі статті пройшли рецензування, зберігають авторську редакцію. Всю відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

Організаційний комітет конференції:

Юрій БОЙЧУК – голова організаційного комітету, доктор педагогічних наук, професор, член-кореспондент НАПН України, ректор Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (Харків, Україна)

Світлана БЕРЕЖНА – заступник голови організаційного комітету, доктор філософських наук, професор, проректор з наукової, інноваційної та міжнародної діяльності Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (Харків, Україна)

Людмила ГАВРІЛОВА – доктор педагогічних наук, професор, завідувачка кафедри теорії і практики початкової освіти Донбаського державного педагогічного університету (Слов'янськ, Україна)

Нунука ГЕЛДІАШВІЛІ – доктор філології, віце-ректор Телавського державного університету імені Якоба Гогешвілі (Телаві, Грузія)

Микола ДАНИЛЮК – доцент, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри музичного мистецтва Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (Харків, Україна)

Маріам ІСПРЯН – кандидат педагогічних наук, доцент, проректор з навчально-наукової роботи Вірменського державного педагогічного університету імені Хачатура Абовяна (Єреван, Вірменія)

Володимир КАРАПЕТАН – доктор психологічних наук, професор, професор кафедри дошкільної педагогіки та методик Вірменського державного педагогічного університету ім. Х. Абовяна (Єреван, Вірменія)

Мака КОЧАУРІ – головний спеціаліст служби інтернаціоналізації та зв'язків з громадськістю Телавського державного університету імені Якоба Гогешвілі (Телаві, Грузія)

Світлана КРИШТОФ – заступник голови організаційного комітету, кандидат педагогічних наук, директор Департаменту атестації кадрів вищої кваліфікації Міністерства освіти і науки України (Київ, Україна)

Рузанна ПЕТРОСЯН – кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету педагогічної психології та соціології Вірменського державного педагогічного університету імені Хачатура Абовяна (Єреван, Вірменія)

Алла СОКОЛОВА – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри музичного мистецтва Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (Харків, Україна)

Лела ТАВДГІРІДЗЕ – професор, доктор педагогічних наук, професор департаменту педагогіки Батумського державного університету імені Шота Руставелі (Батумі, Грузія)

Володимир ФОМІН – доктор педагогічних наук, професор, декан факультету мистецтв Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (Харків, Україна)

Заза ЦОТНІАШВІЛІ – професор, директор медіа програм Кавказького міжнародного університету (Тбілісі, Грузія)

Шалва ЧКАДУА – доктор історичних наук, доцент, ректор Телавського державного університету імені Якоба Гогешвілі (Телаві, Грузія)

Ія ШИУКАШВІЛІ – головний спеціаліст служби інтернаціоналізації та зв'язків з громадськістю Телавського державного університету імені Якоба Гогешвілі (Телаві, Грузія)

Катерина ЮР'ЄВА – заступник голови організаційного комітету, доктор педагогічних наук, професор кафедри музичного мистецтва Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (Харків, Україна)

Олександра ЯНКОВИЧ – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри ранньої освіти, спеціальної педагогіки та ресоціалізації Куявсько-Поморської Академії (Бидгощ, Польща); завідувач кафедри педагогіки і методики початкової та дошкільної освіти Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (Тернопіль, Україна)

Максим ЄРОХІН

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна

Валентин ФІЛАТОВ

доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри штучного інтелекту
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна

МЕТОДИ БАГАТОРІВНЕВОГО АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Анотація. Оптимізація бізнес-процесів має на меті покращення ефективності роботи організацій. Існує ряд методів та критеріїв оптимізації як самої моделі бізнес-процесу, так і його виконання, в залежності від наявних обмежень. Стандарт BPMN наразі є фундаментом для підприємств та дозволяє здійснювати відображення, моделювання, імітацію бізнес-процесів. У цій роботі приділено увагу системному аналізу бізнес-процесів на різних рівнях абстракції.

Ключові слова: бізнес-процес, BPMN, рівні оптимізації, розподіл ресурсів, імітаційне моделювання.

Abstract. Business processes optimization aims to improve the efficiency of organizations. There are a number of methods and criteria for optimizing both the business process model itself and its implementation, depending on the existing limitations. The BPMN standard is currently the foundation for enterprises and allows displaying, modeling, and simulating business processes. In this work, attention is paid to the systematic analysis of business processes at the different levels of abstraction.

Keywords: business process, BPMN, optimization levels, resource allocation, simulation modelling.

Постановка проблеми та її актуальність. Аналіз та управління бізнес-процесами є критично важливими аспектами діяльності сучасних підприємств. Вони необхідні для контролю якості, ефективності та досягнення цілей бізнесу. Існуючі методи аналізу та оптимізації переважно застосовуються окремо до різних аспектів побудови та використання бізнес-процесів: точності майнінгу процесів, покращення відповідності моделі до реального виконання, виправлення недосконалостей даних у журналах подій, знаходження оптимального розподілу ресурсів для виконання процесу, дотримання вимог щодо конфіденційності даних за наявності багатьох акторів з різним рівнем доступу та інші. Існуючі методи призначені для вирішення проблем різних рівнів життєдіяльності бізнес-процесу, однак кожен процес завжди включає в себе багато рівнів. Помилки та низька якість одних рівнів накопичуються та погіршують влучність підсумкових бізнес-рішень. У наявних дослідженнях недостатньо уваги приділено системному підходу до застосування методів аналізу до бізнес-процесів у контексті стандарту BPMN, а також відокремленню методів оптимізації моделей від методів оптимізації їх виконання. На кожному з рівнів аналізу існуючі дослідження застосовують досить обмежену множину методів аналізу та оптимізації в контексті бізнес-процесів.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Побудова, виконання та аналіз бізнес-процесів, представлених за допомогою стандарту BPMN, складаються з великого різноманіття проміжних та опціональних кроків, які в різній мірі розглянуто в наявних дослідженнях.

Аналіз якості журналів подій, на яких будуються моделі BPMN – це перший крок аналізу якості самої моделі, від якої залежить точність кількісного аналізу. Імітація бізнес-процесів визнана гнучким методом для кількісного аналізу бізнес-процесів. Виявлено значне обмеження симуляції процесів, яке полягає у тому, що точність результатів симуляції обмежена точністю моделі процесу та параметрів симуляції, що надаються в симулятор. Щоб подолати це обмеження, різні автори запропонували виявляти моделі симуляції з логів виконання процесів, намагаючись зробити отримані моделі симуляції більш відповідними реальності [1]. Проте, було зауважено, що існуючі техніки у цій сфері базуються на певних припущеннях щодо поведінки ресурсів, які зазвичай не відповідають дійсності, наприклад: кожен ресурс виконує лише одне завдання за раз; та ресурси доступні неперервно [2]. Насправді помічено, що ресурси можуть займатися мультитаскінгом і працюють лише протягом певних періодів дня або тижня. Представлено підхід до виявлення моделей симуляції процесів з логів виконання, враховуючи обмеження мультитаскінгу та доступності. Результати показують, що точність моделей симуляції, виявлених з логів виконання, покращена як у сценаріях з мультитаскінгом, так і з обмеженнями доступності.

У контексті кількісного аналізу бізнес-процеси оцінюються на основі числових даних та метрик. Це передбачає дослідження різних аспектів виконання процесу, включаючи розподіл ресурсів, планування потужностей та вимірювання продуктивності [3]. Наприклад, у процесі обробки заявок на отримання кредиту ресурси організовані у пули на основі специфічних функцій, таких як збір та валідація даних, початкове прийняття рішень щодо витрат та обробка виняткових випадків. Місткість кожного пулу є функцією кількості його ресурсів, що впливає як на ефективність процесу з точки зору тривалості, так і на його економічну ефективність.

Розподіл ресурсів у цих пулах є критичною точкою прийняття рішень, спрямованих на оптимізацію показників продуктивності, таких як час обробки та рівні використання ресурсів. Високе використання ресурсів може призвести до зниження витрат на одиницю процесу, але може збільшити час очікування через конкуренцію за ресурси. Навпаки, низьке використання може зменшити конкуренцію, але збільшити витрати. Виклик полягає в знаходженні оптимального розподілу, який балансує ці фактори, часто представлений фронтом Парето непорівняльних рішень, де жоден конкретний розподіл не мінімізує вплив на час та витрати одночасно [4]. Наприклад, застосування референтних точок у поєднанні з генетичним алгоритмом NSGA-II до програмного комплексу для імітації виконання бізнес-процесів може вдосконалити криву Парето можливих рішень розподілу ресурсів та часу виконання [5].

У [6] розглянуто поточний стан якісного та чисельного багатоцільового аналізу бізнес-процесів у контексті конфіденційності. З боку якісного аналізу, в PE-BPMN моделях не було враховано різні типи витоків даних, що може призводити до невірної трактування результатів аналізу SQL потоків. Проведено дослідження сучасних ланок і цілей якісного

аналізу, а також існуючих моделей бізнес-процесів з урахуванням приватності на конфіденційності.

Більшість існуючих посібників та досліджень вивчають методи та задачі оптимізації BPMN саме в розрізі якісного та кількісного аналізу [7]. Натомість, в [8] автори створили класифікацію існуючих технік BPM за складністю та кількістю застосувань у дослідженнях. Однак вони не показують взаємозв'язок різних технік, а також не беруть до уваги багатоцільову симуляцію процесів, не враховують якість вхідних даних журналу подій і принципову відмінність оптимізації структури моделей від оптимізації виконання моделей. Також автори не доводять покращення ефективності на кожному з етапів роботи аналізатора, натомість концентруючись на гнучкості розробленої інформаційної технології.

Метою статті є висвітлення комплексного аналізу бізнес-процесів та вдосконалення багатоцільової оптимізації як з точки зору побудови моделі BPMN, так і з точки зору виконання моделі BPMN, на відміну від традиційного поділу на кількісний та якісний аналіз.

Виклад основного матеріалу статті. Зважаючи на вищезгадані наукові роботи та попередньо застосовані методи, пропонується наступна модель багаторівневого аналізу та оптимізації бізнес-процесів, яка розроблена в програмному комплексі (Рис. 1).

Основний поділ багаторівневого аналізу йде за моделлю та виконанням. BPMN модель може бути побудована безпосередньо підприємством, або згенерована на основі журналу подій підприємства. Журнали подій створюються або шляхом організації логування всіх подій (реальні журнали) за певний період часу, або за відсутності логів шляхом синтезування.

Залоговані події мають бути ближче до реального виконання робіт, однак не передбачають деякі обмеження реального світу: мультизадачність ресурсів, диференційну продуктивність різних ресурсів, знижену ефективність з плином робочого часу. Синтезовані журнали дозволяють створити якісні журнали подій з точки зору опису ресурсів, однак недоліком зазвичай є важко передбачувані патерни розподілу навантаження, як-то пікові години, форс-мажори та виключні ситуації у виробничому процесі. Після застосування евристик щодо покращення якості даних, журнал подій можна використати для майнінгу процесу та отримати модель BPMN.

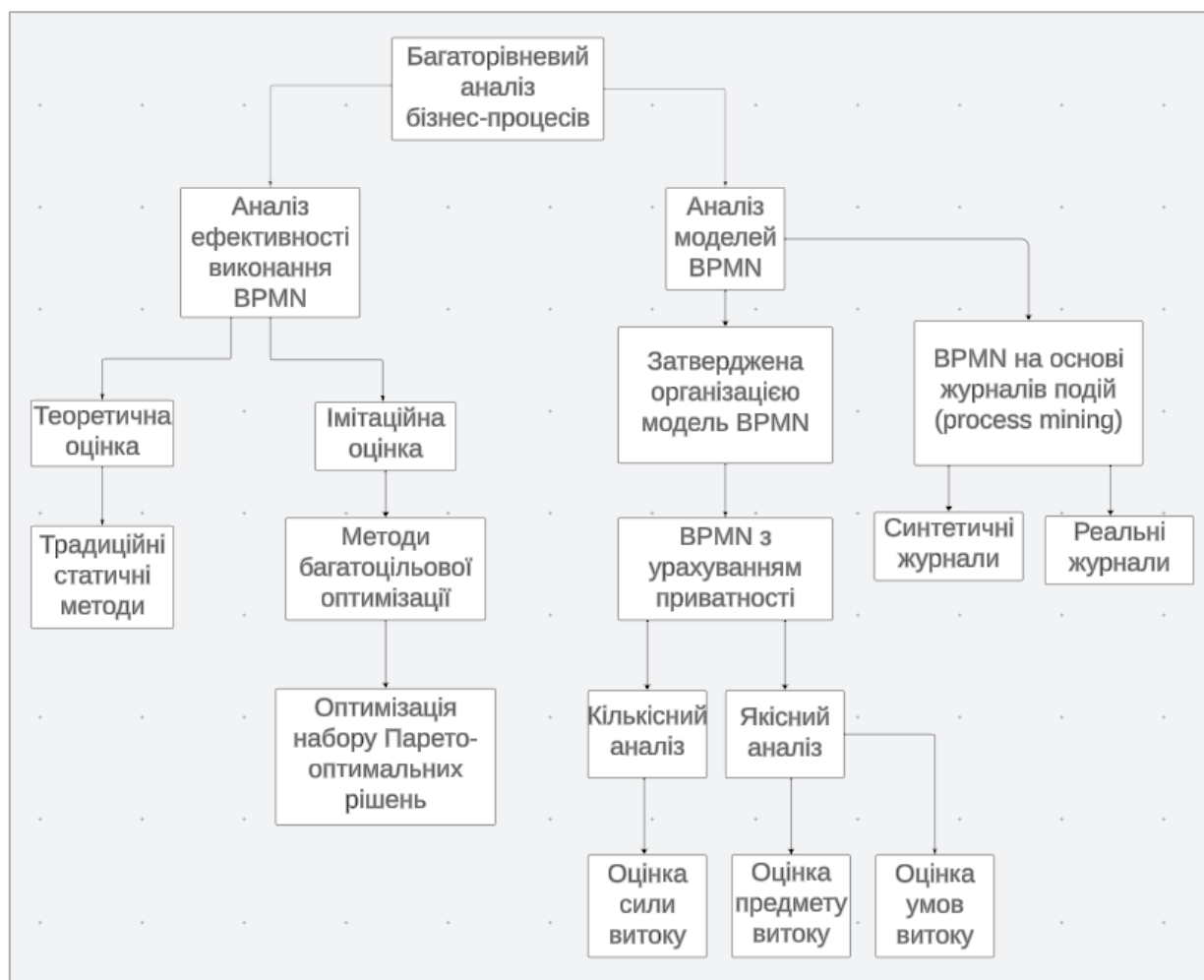


Рис. 1. Модель багаторівневої оптимізації бізнес-процесів

У разі побудови BPMN моделі напряму, є можливість розширити її новітніми BPMN елементами, зокрема з посиленою приватністю. В контексті запропонованого багаторівневого фреймворку було розроблено SQL Collaborative Workflows для використання в бізнес-процесах з багатьма пулами, які ітераційно обмінюються даними SQL запитів. PE-BPMN дозволяє зазначити дозволи для доступу до чутливих даних. Під час кількісного та якісного аналізу програмний комплекс дозволяє отримати відповіді на запитання: «Які дані витікають під час обміну між пулами? За яких обставин? Наскільки багато даних витікає при несанкціонованому доступі?».

Після аналізу та оптимізації моделі бізнес-процесу наступним кроком може бути тестування отриманої моделі та оцінка ефективності її виконання. Традиційним методом розрахунку ефективності BPMN були існуючі алгоритми для Cycle Time, Theoretical Cycle Time та Resource Utilization. Однак вони не враховують стохастичну природу людських ресурсів та вхідних одиниць роботи. Тому підхід з використанням імітації вважається більш наближенням до реальних показників. З іншого боку, стохастична природа симулятора є як перевагою, так і недоліком, тому симуляцію часто здійснюють багато разів. Нарешті, виконання процесу можна здійснити різними способами, по-різному призначаючи наявні ресурси до наявних задач процесу. Різний розподіл ресурсів під час виконання процесу призведе до різних фінансових та часових витрат. Знаходження балансу між часом та

витратами є традиційною задачею багатоцільової оптимізації, для вирішення якої були використані як більш прості евристики на основі алгоритмів Hill Climbing та Tabu Search, так і генетичні алгоритми NSGA-II та R-NSGA-II. Вихідним результатом є набір Парето-оптимальних рішень, з яких керівник може вибрати найбільш ефективний розподіл ресурсів на даний момент.

Висновки. З посиленням ролі моделювання, аналізу та управління бізнес-процесами, а також їх стандартизацією, стали актуальними систематизація та комплексне застосування існуючих методів на різних рівнях організації бізнес-процесів. Запропонована систематизована модель охоплює кількісні та якісні методи, застосовані в розроблених інформаційних технологіях, та демонструє покращену ефективність та глибину аналізу на кожному з аспектичних рівнів процесу. Вихідні програмні комплекси здобули практичного впровадження в державних та приватних підприємствах. Подальший напрямок досліджень пов'язаний із застосуванням нових методів штучного інтелекту до кількісного аналізу виконання процесу, а також деталізацією класифікації та вивченням впливу якості одних рівнів аналізу на інші.

Список використаних джерел

1. Discovering business process simulation models in the presence of multitasking and availability constraints / B. Estrada-Torres et al. *Data & Knowledge Engineering*. 2021. Vol. 134. P. 101897. URL: <https://doi.org/10.1016/j.datak.2021.101897>.
2. Augusto A., Conforti R., Dumas M., Rosa M. Split miner: Discovering accurate and simple business process models from event logs. *2017 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)*. New Orleans, LA, USA, 2017. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICDM.2017.9>.
3. Кігель В. П. Методи і моделі підтримки прийняття рішень: монографія. Київ : ЦУЛ, 2003. 203 с.
4. López-Pintado O., Dumas M., Yerokhin M., Maggi F. M. Silhouetting the Cost-Time Front: Multi-objective Resource Optimization in Business Processes. *19th International Conference on Business Process Management BPM*. 2021. Vol. 427. P. 92–108.
5. Filatov V. O., Yerokhin M. A. Improved multi-objective optimization in business process management using R-NSGA-II. *Radio electronics, computer science, control*. 2023. No. 3. P. 187. URL: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2023-3-18>.
6. Dumas M., García-Bañuelos L., Jääger J., Laud P., Matulevičius R., Pankova A., Pettai M., Pullonen-Raudvere P., Toots A., Tuuling R., Yerokhin M. Multi-level privacy analysis of business processes: the Pleak toolset. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*. 2022. Vol. 25, no. 2. P. 183–203. URL: <https://doi.org/10.1007/s10009-021-00636-w>.
7. Sriram V. P., Subramanian P., Anuradha S., Jayadatta S., Rauf M., Nomani M. Analysis of Qualitative and Quantitative Study of Business Process Management. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*. 2021. Vol. 12. P. 591–602.
8. Ren C., Wang W., Dong J., Ding H., Shao B., Wang Q. Towards a flexible business process modelling and simulation environment. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, Global Gateway to Discovery, December 7–10*. Miami, 2008. P. 1694–1701. <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2008.4736255>